

DERWENT-ACC-NO: 1999-331029

DERWENT-WEEK: 200405

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Fiber grating manufacture for e.g. optical fiber - involves performing exposure while cylindrical support, to which photosensitive optical fiber is spirally wound, is rotated on axle line representing rotation center

PATENT-ASSIGNEE: OKI ELECTRIC IND CO LTD[OKID]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0285716 (October 17, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 3482985 B2 006/10	January 6, 2004	N/A	013	G02B
JP 11119029 A	April 30, 1999	N/A	014	G02B 006/00

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 3482985B2	N/A	1997JP-0285716	October 17, 1997
JP 3482985B2	Previous Publ.	JP 11119029	N/A
JP 11119029A	N/A	1997JP-0285716	October 17, 1997

INT-CL (IPC): G02B006/00, G02B006/10

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11119029A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The method involves performing exposure while a cylindrical support (13), to which a photosensitive optical fiber (11) is spirally wound, is rotated on an axial line (ab) representing the rotation center. A mask (15) is moved to make a part of its diffraction grating (17) and part of the optical fiber pass through the radiation area (19) of an exposure light. DETAILED

DESCRIPTION - The mask and cylindrical support are arranged oppositely in which

the diffraction grating of the mask is tangent to the wound optical fiber.

INDEPENDENT CLAIMS are included for the following:the cylindrical support suitable for the optical fiber;the mask for exposure;and the optical fiber.

USE - For e.g. optical fiber.

ADVANTAGE - Exposes optical fiber in juxtaposition using the mask in which length arranges diffraction grating in parallel to the space equivalent to the volume section of the optical fiber. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the explanatory drawing of the mask and its diffraction grating used in the manufacture. (11) Photosensitive optical fiber; (13) Cylindrical support; (15) Mask; (17) Diffraction grating; (19) Radiation area; (ab) Axial line.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.3/13

TITLE-TERMS: GRATING MANUFACTURE OPTICAL PERFORMANCE EXPOSE  
CYLINDER SUPPORT

PHOTOSENSITISER OPTICAL SPIRAL WOUND ROTATING AXLE LINE  
REPRESENT  
ROTATING

DERWENT-CLASS: P81

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-248664

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-119029  
(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl. G02B 6/00

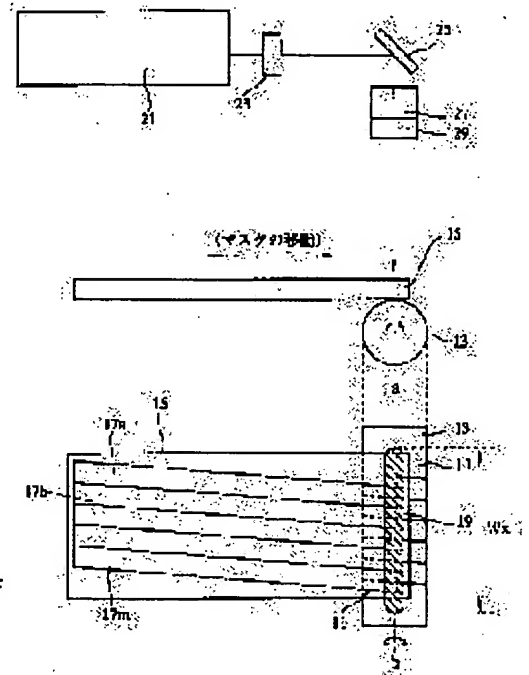
(21)Application number : 09-285716 (71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD  
(22)Date of filing : 17.10.1997 (72)Inventor : TERA0 YOSHITAKA

## (54) MANUFACTURE OF FIBER GRATING, SUPPORT MEMBER, MASK AND OPTICAL FILTER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a fiber grating which is longer than a diffraction grating by performing exposure while moving a mask and rotating a support member around its axis so that parts of the diffraction grating and parts of an optical fiber pass through an irradiation area of exposure light one after another.

SOLUTION: The mask 15 and columnar support member 13 are set opposite to each other in such position relation that the length of the diffraction grating of the mask 15 is along the tangent of the exposure optical fiber 11 wound spirally around the columnar support member 13. Then the movement of the mask 15 and the rotation of the columnar support member 13 around its axis (ab) are performed so that the parts of the diffraction grating along the length and the parts of the exposure optical fiber 11 wound around the columnar support 13 pass through the irradiation area 19 of the exposure light one after another respectively. Those movement and rotation are performed by necessary distance.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3482985

[Date of registration] 17.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the manufacture approach of the fiber grating which exposes a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating, and forms the refractive-index modulation section in this optical fiber By physical relationship to which the photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material, and the diffraction grating of said mask meets the tangent of this beam optical fiber with a volume So that said mask and said supporter material may be made to counter and the part of the following \*\* of said diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light The manufacture approach of the fiber grating characterized by carrying out said exposure while making migration of said mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation perform.

[Claim 2] In the manufacture approach of a fiber grating according to claim 1 as said mask A mask with a diffraction grating with the width of face more than the width of face of the m roll part of said optical fiber rolled spirally and the die length beyond the distance L of the optical fiber which advances when carrying out one revolution of said supporter material a core [ the axis ] is prepared. By physical relationship to which the diffraction grating of this mask meets the tangent of said twisted optical fiber So that this mask and said supporter material may be made to counter and the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light only for said distance L minutes The manufacture approach of the fiber grating characterized by carrying out said exposure while making migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation perform (however, m is two or more integers.) .

[Claim 3] The manufacture approach of the fiber grating characterized by each consisting of the 1st with the chirp grating according to individual - the m-th diffraction grating as said diffraction grating serves as a chirp grating which was prepared as an object for optical fibers for said every m volumes, and which are the parallel 1st - the m-th diffraction grating mutually, and continues as these whole diffraction gratings in the manufacture approach of a fiber grating according to claim 2.

[Claim 4] The manufacture approach of the fiber grating characterized by consisting of the 1st with [ are the parallel 1st - the m-th diffraction grating mutually, and ] a single period grating in each - the m-th diffraction grating for which said diffraction grating was prepared as an object for optical fibers for said every m volumes in the manufacture approach of a fiber grating according to claim 2.

[Claim 5] The manufacture approach of the fiber grating characterized by having had the width of face more than the width of face of said m roll part, and said diffraction grating consisting of a diffraction grating of one apparatus and [ / the single period grating ] in the manufacture approach of a fiber grating according to claim 2.

[Claim 6] In the manufacture approach of a fiber grating according to claim 1 as said mask The die length arranged at parallel with spacing equivalent to the s roll part of said optical fiber rolled spirally prepares a mask with two or more diffraction gratings more than  $s \times L$ . By physical relationship to which the diffraction grating of this mask meets the tangent of said twisted optical fiber So that this mask and said supporter material may be made to counter and the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the distance of said  $s \times L$  The manufacture approach of the fiber grating characterized by carrying out said exposure while making migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation perform (however, L) the distance of the optical fiber which advances when carrying out one revolution of said supporter material a core [ the axis ], and s are two or more integers. .

[Claim 7] It is the manufacture approach of the fiber grating characterized by said each of two or more diffraction gratings being diffraction gratings with a single period grating in the manufacture approach of a fiber grating according to claim 6.

[Claim 8] It is the manufacture approach of the fiber grating characterized by each being a diffraction grating with the

chirp grating according to individual so that it may become the chirp grating which said each of two or more diffraction gratings follow as these whole diffraction gratings in the manufacture approach of a fiber grating according to claim 6. [Claim 9] In the manufacture approach of the fiber grating which exposes a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating, and forms the refractive-index modulation section in this optical fiber The photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material. As said mask By physical relationship to which die length with a single period grating prepares a mask with the diffraction grating of X, and said diffraction grating meets the tangent of said twisted optical fiber said mask is countered with said optical fiber -- making -- the 1st and 2nd processings of the following after that -- required-number \*\*\*\*\* -- the manufacture approach of the fiber grating characterized by things.

(a) So that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the die length of said diffraction grating 1st processing whose width of face to which \*\* also met said axis of said exposure field carries out said exposure where exposure light is extracted as becoming under the two optical fiber width of face to have wound around said spiral while performing migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation.

(b) said -- the -- one -- processing -- having finished -- after -- said -- exposure -- a terminal point -- a location -- a passage -- said -- an axis -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- said -- a supporter -- material -- said -- a mask -- receiving -- relative -- 180 -- a degree -- rotating -- making -- the -- two -- processing .

[Claim 10] In the manufacture approach of the fiber grating which exposes a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating, and forms the refractive-index modulation section in this optical fiber The photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material. As said mask It is the 1st - the m-th diffraction grating whose mutual die length is X and it has arranged to parallel mutually. Each prepares a mask with the 1st with the chirp grating according to individual - the m-th diffraction grating so that it may become the chirp grating which continues as these whole diffraction gratings. By physical relationship to which any one of said 1st [ the ] - the m-th diffraction grating meets the tangent of said twisted optical fiber said mask is countered with said optical fiber -- making -- the 1st of the following after that - the 3rd processing -- required-number \*\*\*\*\* -- the manufacture approach (however, the point of the sequence of the 2nd processing and the 3rd processing is sufficient as any.) of the fiber grating characterized by things .

\*\* So that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the die length of said diffraction grating 1st processing whose width of face to which \*\* also met said axis of said exposure field carries out said exposure where exposure light is extracted as becoming under the two optical fiber width of face to have wound around said spiral while performing migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation.

\*\* said -- the -- one -- processing -- having finished -- after -- said -- exposure -- a terminal point -- a location -- a passage -- said -- an axis -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- said -- a supporter -- material -- said -- a mask -- receiving -- relative -- 180 -- a degree -- rotating -- making -- the -- two -- processing .

\*\* 3rd processing to which said mask and said supporter material are relatively moved so that the diffraction grating located next to [ which used for former exposure ] a diffraction grating may counter with said exposure termination location, after finishing said 1st processing.

[Claim 11] Supporter material characterized by performing substantial nonreflective coating about the exposure light which is the supporter material of the shape of a cylinder with the spiral slot for twisting a photosensitive optical fiber spirally, and exposes said optical fiber on a front face.

[Claim 12] Supporter material characterized by having made said tooth depth larger than said optical numerical aperture in supporter material according to claim 11.

[Claim 13] In the mask concerned used in order to expose a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating and to form the refractive-index modulation section in this optical fiber this volume when said diffraction grating twists said optical fiber around cylinder-like supporter material spirally -- with the width of face more than the width of face of the m roll part of he \*\*\*\*\* The mask characterized by considering as the diffraction grating with the die length beyond the distance L of optical FAI which progresses when carrying out one revolution of said supporter material a core [ the axis ].

[Claim 14] The mask characterized by each consisting of the 1st with the chirp grating according to individual - the m-th diffraction grating as said diffraction grating serves as a chirp grating which was prepared as an object for optical fibers for said every m volumes, and which are the parallel 1st - the m-th diffraction grating mutually, and continues as these whole diffraction gratings in a mask according to claim 13.

[Claim 15] The mask characterized by consisting of the 1st with [ are the parallel 1st - the m-th diffraction grating mutually, and ] a single period grating in each - the m-th diffraction grating for which said diffraction grating was prepared as an object for optical fibers for said every m volumes in a mask according to claim 13.

[Claim 16] The mask characterized by having had the width of face more than the width of face W of said m roll part, and said diffraction grating consisting of a diffraction grating of one apparatus and [ / the single period grating ] in a mask according to claim 13.

[Claim 17] It uses in order to expose a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating and to form the refractive-index modulation section in this optical fiber. Mask characterized by the die length arranged in the mask concerned at parallel with spacing of a s roll part when said diffraction grating twists said optical fiber around cylinder-like supporter material spirally consisting of two or more diffraction gratings more than  $sxL$ .

[Claim 18] The mask characterized by said each of two or more diffraction gratings being diffraction gratings with a single period grating in a mask according to claim 17.

[Claim 19] The mask characterized by each being a diffraction grating with the chirp grating according to individual so that said each of two or more diffraction gratings may serve as a chirp grating which continues as these whole diffraction gratings in a mask according to claim 17.

[Claim 20] The optical filter characterized by having supporter material and the fiber grating spirally twisted around this supporter material.

[Claim 21] The optical filter characterized by having the spiral slot for said supporter material twisting said fiber grating in the optical filter according to claim 20, and twisting said fiber grating along this slot.

[Claim 22] The optical filter characterized by having made said tooth depth larger than said optical numerical aperture in an optical filter according to claim 21.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of a fiber grating available as an optical filter etc., the supporter material of the suitable optical fiber for that operation and the mask for exposure, and the optical filter suitable for a miniaturization.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the optical-communication field, the fiber grating is expected as 1 implementation means, such as a wavelength filter and a distributed compensator, (for example, reference 1 "application physics, volume [ 66th ] No. 1, the 33rd - 36th page"). A fiber grating performs periodic refractive-index change to the core of an optical fiber (for example, reference 1). A periodic refractive-index change (refractive-index modulation) can be formed for example, by the phase mask method (for example, refer to the above-mentioned reference 1 or reference 2 "a U.S. Pat. No. 5367588 number").

[0003] By the phase mask method, ultraviolet-rays light is irradiated through a phase mask (henceforth a mask) at an optical fiber. A phase mask is the plate which can penetrate ultraviolet-rays light. Two or more crevices are formed in the front face of this plate. Each crevice is linearly arranged with predetermined spacing. Ultraviolet-rays light diffracts by these crevices. The reinforcement of the diffracted light can be strengthened in the location according to array spacing (pitch) of a crevice, or can be weakened. On the other hand, the core of an optical fiber is formed with the ingredient from which the refractive index changes with ultraviolet-rays light (such an optical fiber is called a photosensitive optical fiber.). Since the diffracted light mentioned above is irradiated to an optical fiber, it is formed in a core along the extension direction (a longitudinal direction, the waveguide direction of light) of an optical fiber, periodic refractive-index modulation, i.e., grating.

[0004] An above-mentioned mask is formed by the manufacture approach currently indicated by reference 3 "ELECTRONICS LETTERS 18th Mar 1993 Vol29 No.6." Moreover, what is necessary is just to make it the structure of the chirp grating currently indicated by the above-mentioned reference 1 to make large the reflected wave length band in a fiber grating.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the filter property of a fiber grating, for example, the surface smoothness of the top of a reflected wave length band or a reflectance spectrum etc., is dependent on the die length, i.e., the grating length, of a grating write-in field of a fiber grating.

[0006] For example, when it constitutes a distributed compensator from a fiber grating, reflected wave length band  $\lambda$  is expressed with a degree type (1) (for example, reference 4 "the advanced electronics 1-16, an optical fiber and a fiber form device, Baifukan, and 1996.7.10", the 197th page).

[0007]  $\lambda = 2L / (C - D) \dots (1)$

However, Notation L expresses grating length, Notation C expresses the rate of light and Notation D expresses the variance.

[0008] When Variance D is set constant, the more the grating length L excels according to the top type (1), the more reflected wave length band  $\lambda$  spreads. However, the actual condition is that size of a phase mask is not made so greatly. Because, although processing within vacuum devices is needed for example, in order to form a phase mask, a comparatively big plate cannot be introduced in vacuum devices. Therefore, the grating length L cannot form so greatly. By the conventional approach, only the fiber grating of about at most 100mm grating length L was able to be formed.

[0009] Therefore, an appearance of the approach that the fiber grating of grating length longer than 100mm can specifically be manufactured longer than before was desired.

[0010] Moreover, when it constitutes an optical filter using this fiber grating after being able to manufacture the fiber grating of a long grating, an optical filter with the structure suitable for a miniaturization is desired.



[0011]

[Means for Solving the Problem]

(1) According to the manufacture approach of the fiber grating this invention, expose a photosensitive optical fiber through a mask with a diffraction grating, and twist the photosensitive optical fiber around cylinder-like supporter material spirally there in the manufacture approach of the fiber grating which forms the refractive-index modulation section in this optical fiber. Next, said mask and said supporter material are made to counter by physical relationship to which the diffraction grating of said mask meets the tangent of this beam optical fiber with a volume. And the part of the following \*\* of said diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material carry out said exposure, performing migration of said mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation so that it may pass through the exposure field of exposure light.

[0012] According to this manufacture approach (the 1st manufacture approach is called hereafter.), as a mask A mask with a diffraction grating with the width of face more than the width of face of the m roll part of said optical fiber rolled spirally and the die length beyond the distance L of the optical fiber which advances when carrying out one revolution of said supporter material a core [ the axis ] is used. And the part of the following \*\* of said diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material can carry out said exposure only for said distance L minutes, performing migration of said mask and said revolution of said supporter material so that it may pass through the exposure field of exposure light. However, m is two or more integers.

[0013] Therefore, exposure which minds a diffraction grating to each of each volume of the optical fiber of a m roll part is performed in juxtaposition. Therefore, the fiber grating of the die length of  $mxL$  can be formed. Therefore, according to this manufacture approach, die length can manufacture a fiber grating longer than it using the diffraction grating of L. Specifically, suppose that the longest diffraction grating which can be formed with the conventional technique was 100mm. According to invention of this 1st manufacture approach, a mask with a diffraction grating which arranged the diffraction grating with a die length [ this ] of 100mm in m duty juxtaposition can be used. Therefore, an  $mx100mm$  fiber grating can be manufactured using the diffraction grating whose die length is 100mm.

[0014] In this 1st manufacture approach, when the diffraction grating of the mask to be used is made into a single period grating, die length can manufacture the single period fiber grating of the die length of  $mxL$  using the diffraction grating of L.

[0015] Moreover, they are the 1st [ parallel to each other who was prepared in this 1st manufacture approach considering the diffraction grating of the mask to be used as an object for optical fibers for said every m volumes.] - the m-th diffraction grating. the 1- with [ so that it might become the chirp grating which continues as these whole diffraction gratings ] the chirp grating according to individual in each, when it considers as the m-th diffraction-grating single period grating Die length can manufacture [ die length ] the chirp TOFA eve grating of  $mxL$  using the diffraction grating of L.

[0016] In addition, in \*\*\*\*, it was explained that width of face of a diffraction grating was made into the width of face more than the width of face of the m roll part of an optical fiber, and the die length of a diffraction grating was made into the die length more than said L. It is because a diffraction grating equivalent to distance L is realizable if the angle of rotation of supporter material and the travel of a mask are controlled, respectively even if it makes the die length of a diffraction grating longer than Above L. However, it is more desirable to set the die length of a diffraction grating to L, when using a chirp grating as a diffraction grating. It is because the m-th connection of each chirp grating of the 1st - a diffraction grating becomes easy.

[0017] Moreover, you may make it be a degree in implementation of this 1st manufacture approach. That is, the die length arranged as a mask for exposure at parallel with spacing equivalent to the s roll part of said optical fiber rolled spirally prepares a mask with two or more diffraction gratings more than  $sxL$ . Next, this mask and said supporter material are made to counter by physical relationship to which the diffraction grating of this mask meets the tangent of said twisted optical fiber. And it exposes, making migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation perform so that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the distance of said  $sxL$ . In this case, it is the optical fiber unit of a s roll part, and exposure is performed in juxtaposition. Therefore, die length can manufacture a two or more times as many fiber grating as that using the diffraction grating of  $sxL$ .

[0018] (2) Moreover, also assert the following approaches (the 2nd manufacture approach is called) as the manufacture approach of a fiber grating in this application.

[0019] That is, a photosensitive optical fiber is exposed through a mask with a diffraction grating, and the photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material in the manufacture approach of the fiber grating which forms the refractive-index modulation section in this optical fiber. Moreover, die length with a single period grating prepares a mask with the diffraction grating of X as said mask. And by physical relationship to which said diffraction grating meets the tangent of said twisted optical fiber, said mask is made to counter with said

optical fiber, and the required-number \*\*\*\*\* approach is asserted for the following processings [ 1st and 2nd ] after that.

[0020] (a) So that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the die length of said diffraction grating 1st processing whose width of face to which \*\* also met said axis of said exposure field carries out said exposure where exposure light is extracted as becoming under the two optical fiber width of face to have wound around said spiral while performing the revolution which makes migration of this mask and its axis of said supporter material a center of rotation.

[0021] (b) said -- the -- one -- processing -- having finished -- after -- said -- exposure -- a terminal point -- a location -- a passage -- said -- an axis -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- said -- a supporter -- material -- said -- a mask -- receiving -- relative -- 180 -- a degree -- rotating -- making -- the -- two -- processing .

[0022] According to this 2nd manufacture approach, the 180-degree revolution mentioned above after finishing the exposure whose die length minds the diffraction grating of X is performed. For this reason, exposure of a part which appears in the degree of the optical fiber spirally wound around supporter material can be performed through the diffraction grating of this die-length X. For this reason, even if die length is the diffraction grating of X according to this 2nd manufacture approach, a single period fiber grating longer than it can be manufactured.

[0023] (3) Moreover, also assert the following approaches (the 3rd manufacture approach is called) as the manufacture approach of a fiber grating in this application.

[0024] That is, a photosensitive optical fiber is exposed through a mask with a diffraction grating, and the photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material in the manufacture approach of the fiber grating which forms the refractive-index modulation section in this optical fiber. Moreover, as said mask, and it has arranged to parallel mutually, each prepares a mask with the 1st with the chirp grating according to individual - the m-th diffraction grating so that it may become the chirp grating which mutual die length is the 1st - the m-th diffraction grating which are X, and follows as these whole diffraction gratings. And by physical relationship to which any one of said 1st [ the ] - the m-th diffraction grating meets the tangent of said twisted optical fiber, said mask is made to counter with said optical fiber, and the required-number \*\*\*\*\* approach is asserted for the following 1st - the 3rd processing after that. However, the point of the sequence of the 2nd processing and the 3rd processing is sufficient as any.

[0025] \*\* So that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the die length of said diffraction grating 1st processing whose width of face to which \*\* also met said axis of said exposure field carries out said exposure where exposure light is extracted as becoming said under two optical fiber width of face to have wound spirally while performing migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation.

[0026] \*\* said -- the -- one -- processing -- having finished -- after -- said -- exposure -- a terminal point -- a location -- a passage -- said -- an axis -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- said -- a supporter -- material -- said -- a mask -- receiving -- relative -- 180 -- a degree -- rotating -- making -- the -- two -- processing .

[0027] \*\* 3rd processing to which said mask and said supporter material are relatively moved so that the diffraction grating located next to [ which used for former exposure ] a diffraction grating may counter with said exposure termination location, after finishing said 1st processing.

[0028] According to this 3rd manufacture approach, 180-degree revolution mentioned above after finishing the exposure whose die length minds the diffraction grating of X, and relative migration of a mask and supporter material are performed. For this reason, exposure of a part which appears in the degree of the optical fiber spirally wound around supporter material can be performed in order using the 1st - the m-th diffraction grating. Die length is easy for each of the 1st - m-th diffraction grating to be the thing of X. For this reason, according to this 3rd manufacture approach, die length can manufacture a chirp TOFA eve grating longer than it using the diffraction grating of X.

[0029] (4) moreover, the 1- above-mentioned in this application -- assert the following supporter material as supporter material for enforcing the 3rd manufacture approach easily.

[0030] That is, it is the supporter material on a cylinder with the spiral slot for twisting a photosensitive optical fiber spirally, and the supporter material to which substantial nonreflective coating about the exposure light which exposes said optical fiber on a front face is performed is asserted.

[0031] above-mentioned the 1- in order to enforce the 3rd manufacture approach, it is necessary to twist a photosensitive optical fiber around supporter material by the predetermined lead angle spirally When such, according to the supporter material of this invention, the above-mentioned volume attachment can be realized easily.

[0032] Furthermore, this supporter material has performed predetermined nonreflective coating. Therefore, the

reflected light which does not contribute to formation of a periodic refractive-index modulation can be lost substantially.

[0033] In addition, in inventing supporter material, it is suitable to make said tooth depth larger than said photosensitive optical numerical aperture. If it carries out like this, it can prevent a photosensitive optical fiber and a mask contacting. Therefore, protection of a mask and an optical fiber can be aimed at. Moreover, since it is hard coming to overflow a photosensitive optical fiber fang furrow, volume attachment of a request can be performed more to fitness.

[0034] (5) Moreover, assert the optical filter equipped with supporter material and the fiber grating spirally twisted around this supporter material in this application.

[0035] According to this optical filter, the optical filter which can contain a long fiber grating in a compact is realizable. Therefore, in order to realize properties, such as a reflected wave length band and the surface smoothness of the top of a reflectance spectrum, even when it constitutes the optical filter using a long fiber grating, it is easy to attain the miniaturization.

[0036] The supporter material to be used is taken as the thing of the configuration which is a long and slender configuration and is easy to twist a fiber grating preferably. Cylinder-like supporter material and multiple column-like supporter material are desirable as supporter material to be used.

[0037] Moreover, in inventing this optical filter, it is suitable to use the supporter material equipped with the spiral slot for twisting said fiber grating as said supporter material. It is because said fiber grating can be twisted along this slot if it carries out like this, so the advantage of being able to perform positioning of a fiber grating and immobilization easily is acquired.

[0038] In addition, the spiral tooth depth prepared in supporter material will not be limited especially if it is the depth which can perform positioning and immobilization of a fiber grating. However, if this tooth depth is made deeper than the diameter of a fiber grating, the optical filter of structure with which the fiber grating hid in supporter material is realizable. It is it easy to aim at protection of a fiber grating that a fiber grating is the structure which hid in supporter material. Furthermore, since tubed covering which connotes supporter material can be mounted for example, the advantage that sheathing of an optical filter can be completed easily etc. is acquired.

[0039]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per gestalt of implementation of this invention. In addition, each drawing used for explanation has shown structure, magnitude, and arrangement relation roughly to extent which can understand this invention. Moreover, conditions and ingredients, such as a numeric value indicated below, are only mere examples. Therefore, this invention is not limited to the gestalt of this operation at all. Moreover, in each drawing, the same number is attached and shown about the same constituent, and the overlapping explanation is omitted.

[0040] 1. Explain per gestalt of implementation of the 1st manufacture approach of the explanation fiber grating of the 1st manufacture approach. First, the photosensitive optical fiber 11 and the supporter material 13 are explained.

Drawing 1 is drawing which explains the condition of having twisted the photosensitive optical fiber 11 around cylinder-like the supporter material 13 and this supporter material 13, respectively.

[0041] As a photosensitive optical fiber 11, the photosensitive optical fiber called SMF28 (trade name) by Corning, Inc. is used. Of course, other photosensitive optical fibers may be used.

[0042] The enveloping layer (not shown) of the photosensitive optical fiber 11 is removed beforehand, and a cladding layer is exposed. Exfoliation of an enveloping layer can be performed by it being immersed in a dichloroethane in the fiber itself, using fixtures, such as for example, a fiber stripper, and dissolving an enveloping layer. In addition, exfoliation of an enveloping layer may be performed in the state of a photosensitive optical fiber simple substance, and it is to the supporter material 13. You may carry out, after twisting an optical fiber 11.

[0043] The supporter material 13 has spiral slot 13a with a predetermined lead angle. A lead angle is the angle  $\theta$  with a flat surface vertical to the tangent M of spiral slot 13a (refer to drawing 1), and the axis ab of the supporter material 13 to make (refer to drawing 1).

[0044] Coating (not shown) from which the front face of this supporter material 13 becomes nonreflective substantially to the exposure light for fiber grating manufacture has been performed. This coating is approaches, such as carrying out baking finish of the black coating to the front face of the supporter material 13, and can be realized.

[0045] The width of face w of spiral slot 13a and depth d will be made with arbitration, if (referring to drawing 2) and positioning of the photosensitive optical fiber 11 can be performed. However, let width of face of slot 13a preferably be the diameter (diameter also including an enveloping layer) of an optical fiber 11 about. Moreover, let the depth of slot 13a preferably be the value of the range below a diameter more greatly than the one half of an optical numerical aperture. For example, if the diameter of an optical fiber 11 is 125 micrometers, width of face of slot 13a will be set to 120-130 micrometers, and the depth of slot 13a will be set to 60-120 micrometers. Drawing 2 (A) is drawing having shown the relation of such a slot 13a and an optical fiber 11.

[0046] In addition, when an optical fiber 11 and a mask (refer to drawing 3) want to reduce risk of contacting directly, the depth of slot 13a is made into a bigger value than the diameter of an optical fiber 11. Drawing 2 (B) is drawing having shown the relation of such a slot 13a and an optical fiber 11.

[0047] An optical fiber 11 is twisted around the supporter material 13, putting an optical fiber 11 into such spiral slot 13a. The die length (the die length to P1-P2 of drawing 1) of the one-roll part of the twisted optical fiber 11 is set to L. That is, the distance to which an optical fiber 11 progresses when carrying out one revolution of supporter material 13 by making the axis ab into a center of rotation is set to L.

[0048] Next, the mask for exposure is explained. Drawing 3 is a top view explaining an example of this mask 15.

[0049] It constitutes from a diffraction grating 17 which formed the mask 15 in transparent substrate 15a and this substrate to exposure light in this case.

[0050] Substrate 15a consists of arbitrary suitable substrates, such as for example, a synthetic quartz substrate.

[0051] it has carried out to more than the width of face (this width of face -- being the same.) of the m roll part of the optical fiber 13 around which the width of face W0 which met the axis ab (refer to drawing 1) of the supporter material 13 of a diffraction grating 17 was spirally wound by the supporter material 13. And in the case of the die length beyond said distance L, and the gestalt of this operation, the die length of this diffraction grating 17 is set to the same die-length L as said distance L.

[0052] And the diffraction gratings 17 in the case of the gestalt of this operation are the 1st [ parallel to each other who was prepared as an object for optical fibers for every volume of the optical fiber 11 rolled spirally ] - the m-th diffraction grating 17a-17m, and each consists of the 1st of die-length L - the m-th diffraction grating 17a-17m. Here, each volume will be an one-roll part when carrying out one revolution of supporter material 13 by making the axis ab into a center of rotation, and if it says by drawing 1, it will be a part which corresponds between P1 - P2.

[0053] the 1st - the m-th diffraction grating 17 -- a-17m, each has the chirp grating according to individual so that it may become the chirp grating which continues as these whole diffraction gratings. Specifically, 1st diffraction-grating 17a consists of n parts of 17a1-17an. However, n is the integer of arbitration. And the 1st part 17a1 is made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_1$  once [ S ]. Moreover, the 2nd part 17a2 is made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) twice [ S ]. Moreover, as for n-th partial 17an, die length is made into  $S_n$  time repeat \*\*\*\*\* in the periodic structure of  $\lambda_{dan}$  ( $\lambda_{dan-1} < \lambda_{dan}$ ).  $S_1$ - $S_n$  may be the same, or may differ from each other.

[0054] Each above-mentioned periodic structure is made into the structure which put a crevice and heights in a row as usual so that die length might serve as a rate of 1 to 1. This periodic structure changes in order the die length of the following and periodic structure which can be formed with a well-known lithography technique and an etching technique, and constitutes the 2nd diffraction-grating 17b - the 17m of the m-th diffraction grating, respectively.

[0055] the 1st - the m-th diffraction grating 17 -- each width of face  $w_1$ - $w_m$  is made into more than the two-roll part and fiber of the optical fiber rolled spirally, and narrow width of face which does not counter a-17m.

[0056] Next, arrangement with a mask 15 considers as the supporter material 13 around which the optical fiber 11 is wound spirally, and these handling and the procedure of exposure are explained the direction. Drawing 4 R> 4 is the explanatory view.

[0057] A mask 15 and this supporter material 13 are made to counter by physical relationship to which the longitudinal direction of the diffraction grating 17 of a mask 15 meets the tangent (it is the same as M of drawing 1) of the optical fiber 11 spirally twisted around the supporter material 13 (refer to the top view of drawing 4). And the amount of [ of the longitudinal direction of a diffraction grating 17 / one ] edge is made to counter with the supporter material 13.

[0058] When making the amount of [ of a diffraction grating 17 / one ] edge counter supporter material, in addition, in the example of drawing 4 How to make it P1 and P2 which were shown in the right end of the mask 15 in drawing 3 become the location of the exposure field 19 in drawing 4, Or it is good also as any of the approach P3 and P4 which were made to rotate the mask 15 in drawing 3 180 degrees within space, and were shown in the left end of the mask 15 in drawing 3 become the location of the exposure field 19 in drawing 4. A chirp TOFA eve grating is obtained very as a result in which approach.

[0059] Next, the part of the following \*\* of the longitudinal direction of a diffraction grating 17 and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 perform the revolution to which migration of a mask 15 and its axis ab of the supporter material 13 are made into a center of rotation so that it may pass through the exposure field 19 of exposure light. And the part of the following \*\* of the longitudinal direction of a diffraction grating 17 and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 perform these migration and a revolution only for distance L minutes mentioned above so that it may pass through the exposure field 19. And an optical fiber 11 is exposed through a mask 15, carrying out such migration and a revolution.

[0060] What is necessary is to carry out the parallel displacement of the mask 15 in the direction of drawing Nakamigi, and just to rotate the supporter material 13 in the direction of an arrow head of drawing by making the axis ab into a

center of rotation the case from the initial state of the top view of drawing 4 , in order to make it the part of the following \*\* of the longitudinal direction of a diffraction grating 17 and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 pass through the exposure field 19 (RRC). However, mask migration equipment (not shown) and a supporter material slewing gear (not shown) are synchronized so that the distance to which a diffraction grating 17 progresses by moving a mask 15, and the distance to which an optical fiber 11 progresses by rotating the supporter material 13 may become the same.

[0061] In addition, let width of face  $W_x$  of the direction which meets the axis  $ab$  of the supporter material 13 of the exposure field 19 of exposure light be the width of face more than the width of face of a  $m$  optical fiber part.

[0062] Optical system for carrying out the above-mentioned exposure is made with arbitrary suitable optical system. The gestalt of this operation constitutes from a laser light source 21, the attenuator 23, the mirror 25, the beam expander 27, and the cylindrical lens 29.

[0063] As a laser light source 21, the KrF excimer laser by the lambda physics company is used. A beam diameter can extend the laser beam which came out of the laser light source 21 with the beam expander 27. Furthermore, it becomes the light which shows the desired exposure field 19 mentioned above by the cylindrical lens.

[0064] If migration of a mask 15 and the revolution of the supporter material 13 around which the optical fiber 11 is wound are performed like the above, each volume part of the optical fiber rolled spirally will be exposed by the laser beam in juxtaposition through the diffraction grating to which it corresponds of the 1st - the  $m$ -th diffraction grating 17a-17m. Therefore, since the diffraction fringe which consists of the 1st - the  $m$ -th diffraction grating is irradiated at once by the optical fiber 11, the chirp grating to  $\lambda_1 - \lambda_m$  is formed on an optical fiber 11. Therefore, although the length uses the diffraction grating of  $L$ , the length can manufacture the chirp TOFA eve grating of  $m \times L$ . Drawing 5 is drawing having shown typically the chirp TOFA eve grating 30 manufactured in this way.

[0065] In addition, since nonreflective coating has been performed as mentioned above in the front face of the supporter material 13, extent in which exposure light is reflected by the supporter material 13 in the above-mentioned exposure process can be reduced. Therefore, it can prevent that a useless refractive-index change arises on an optical fiber by the light reflected on the front face of the supporter material 13.

[0066] Moreover, by the manufacture approach of this invention, since it can work where an optical fiber is twisted around supporter material, the effectiveness that the handling from the production process of a fiber grating to the process which obtains, the target component, for example, wavelength filter, becomes easy is also acquired. Moreover, where supporter material and an optical fiber are made into one, also carrying out packaging and the effectiveness of being possible are acquired.

[0067] In addition, in \*\*\*\*, although the example which manufactures a chirp TOFA eve grating was explained, also when manufacturing a single period fiber grating, of course, the above-mentioned manufacture approach can be applied. in that case, the 1st of the mask explained using drawing 3 - the  $m$ -th diffraction grating 17 -- what is necessary is just to change each into a single period grating a-17m What is necessary is just to specifically make the periodic structure  $\lambda_1 - \lambda_m$  into the same structure.

[0068] Moreover, when manufacturing a single period fiber grating, as the diffraction grating 17 was shown in drawing 6 , without dividing into the 1st - the  $m$ -th diffraction grating 17a-17m, it had the width of face more than the width of face of a  $m$  roll part, and the diffraction grating of one apparatus may be used. If it carries out like this, compared with the case where it divides into the 1st - the  $m$ -th diffraction grating, it will be thought that structure of a mask is only made in between.

[0069] Moreover, in \*\*\*\*, the example which any one of the 1st - the  $m$ -th diffraction grating is made to counter for every roll of the optical fiber spirally wound around supporter material was explained. However, as shown in drawing 7 , the die length arranged at parallel with spacing equivalent to the  $s$  roll part of the optical fiber 11 spirally wound around the supporter material 13 prepares the mask 171 with two or more diffraction gratings 171a-171j more than  $s \times L$ . Next, this mask 171 and the supporter material 13 are made to counter by physical relationship to which the diffraction grating of this mask 171 meets the tangent of the twisted optical fiber 11. And you may expose, making migration of this mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation perform so that the part of the following \*\* of this diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around said supporter material may pass through the exposure field of exposure light by the distance of said  $s \times L$ . What is necessary is for the same procedure just to perform revolution of the supporter material 13, and migration of a mask 171 with having explained using drawing 4 .

[0070] Since juxtaposition-exposure can be performed to two or more roll part of the optical fiber spirally rolled also in such a case, a fiber grating longer than the die length of a diffraction grating can be manufactured.

[0071] 2. In explanation \*\*\*\* of the 2nd manufacture approach, it is the same as the one optical fiber die length for the die length of a diffraction grating to have wound spirally, or ( drawing 3 ) the manufacture approach in an example ( drawing 7 ) longer than it was explained. However, when the bending possible radius which can be bent without damaging an optical fiber is small, it will be necessary to use what has a big diameter as cylinder-like supporter



material 13. Then, the die length of a diffraction grating may become shorter than the one optical fiber die length to have wound spirally. In such a case, desired fiber GURETINGU cannot be manufactured by the 1st above-mentioned manufacture approach. This 2nd manufacture approach is the manufacture approach of the fiber grating which took those measures.

[0072] Drawing 8 is drawing explaining the mask 31 used by the 2nd manufacture approach, and the structure of photosensitive optical fiber 11 grade. Moreover, drawing 9 and drawing 10 are production process drawings.

[0073] The photosensitive optical fiber 11 is spirally twisted around the cylinder-like supporter material 13. However, the enveloping layer (not shown) of an optical fiber 11 removes, and exposes a cladding layer. Moreover, die length with a single period grating prepares the mask 31 with the diffraction grating 33 of X as a mask 31.

[0074] Next, said mask 31 is made to counter the tangent of said optical fiber spirally twisted around the supporter material 13 with said optical fiber 11 by physical relationship which the longitudinal direction of said diffraction grating 33 meets, as shown in drawing 9 (A). A mask 31 is made to counter with an optical fiber 11 so that the end of \*\* of a diffraction grating 33 may correspond with the location of the exposure field (beam 35) of exposure light.

[0075] However, it is made for the width of face which met said axis of the field (exposure field) which irradiates exposure light to become under the two optical fiber width of face to have wound spirally. That is, the path of the beam 35 of exposure light is made into a little larger extent than the diameter of an optical fiber 11. What is necessary is just to use the optical system which removed the beam expander 27 from the optical system explained using drawing 4, in order to obtain such a beam.

[0076] Next, by die-length X of a diffraction grating 33, the part of the following \*\* of a diffraction grating 33 and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 perform the revolution to which migration of a mask 31 and the axis ab of the supporter material 13 are made into a center of rotation so that it may pass through an exposure field (field where a beam 35 hits). These migration and a revolution move to the left from the right of drawing 9 (A) about a mask 31, and make it rotate in the direction which gave the arrow head to drawing 9 (A) by making Axis ab into a center of rotation about the supporter material 13 in the case of this example (RRC).

[0077] a mask -- 31 -- migration -- and -- a supporter -- material -- 13 -- a revolution -- above -- having carried out -- after -- exposure -- a terminal point -- a location -- P (refer to drawing 9 (B)) -- a passage -- said -- an axis -- ab -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- a supporter -- material -- 13 -- a mask -- 31 -- receiving -- relative -- 180 -- a degree -- rotating -- making ( drawing 10 (A) ) .

[0078] Next, the revolution which makes migration of a mask 31 and the axis ab of the supporter material 13 a center of rotation is performed so that the part of the following \*\* of a diffraction grating 33 and the new part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 may counter one after another by die-length X of a diffraction grating 33 ( drawing 10 (B) ). These migration and a revolution move to the right from the left of drawing 10 (B) about a mask 31, and make it rotate in the direction of the arrow head in drawing by making Axis ba into a center of rotation about the supporter material 13 in the case of this example (RLC).

[0079] Die length can expose the part of the following \*\* of an optical fiber for such actuation with required-number \*\*\*\*\* using one diffraction grating of X. Therefore, the single period fiber grating of die length longer than this diffraction grating can be manufactured.

[0080] 3. Explain the gestalt of implementation of explanation of the 3rd manufacture approach, next the 3rd manufacture approach. This 3rd manufacture approach is an especially suitable approach for manufacture of a chirp TOFA eve grating. Drawing 11 - drawing 13 are the explanatory view. The top view, drawing 12, and drawing 13 drawing 11 mainly explains a mask 41 and a diffraction grating 43 to be are production process drawing of a fiber grating.

[0081] The optical fiber 11 is spirally twisted around the supporter material 13 like the gestalt of old operation.

[0082] Moreover, a mask with the 1st which was shown in drawing 11 and which has been mutually arranged to parallel like - the m-th diffraction grating 43a-43m is prepared as a mask 41. the 1st - the m-th diffraction grating 43 -- each is made under into the width of face of the two-roll part of the optical fiber around which die length is X and width of face was wound spirally a-43m. \*\* -- these diffraction gratings 43 -- each has the chirp grating according to individual so that it may become the chirp grating which continues as a whole a-43m.

[0083] Fundamentally, the 1st - the m-th diffraction grating 43a-43m are the same as the diffraction gratings 17a-17m explained with the gestalt of implementation of the 1st manufacture approach, and are good. However, it has changed compared with the case of the 1st invention of the list condition of periodic structure.

[0084] Specifically, 1st diffraction-grating 43a consists of n parts of 43a1-43an. However, n is the integer of arbitration. And the 1st part 43a1 is made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_1$  once [ S ]. The 2nd part 43a2 is made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) twice [ S ]. As for n-th partial 43an, die length is made into  $S_n$  time repeat \*\*\*\*\* in the periodic structure of  $\lambda_{dan}$  ( $\lambda_{dan-1} < \lambda_{dan}$ ).  $S_1$ - $S_n$  may be the same, or may differ from each other.

[0085] Moreover, 2nd diffraction-grating 43b consists of  $n$  parts of 43b1-43bn. However,  $n$  is the integer of arbitration. And  $n$ -th partial 43bn is made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_{dan}+1$  once [  $S_n+$  ]. The  $n$ -1st partial 43bn-1 are made into the structure in which die length repeated the periodic structure of  $\lambda_{dan}+2$  twice [  $S_n+$  ]. The 1st part 43b1 is made into the structure which repeated the periodic structure where die length was  $\lambda_{dan}2n$ . That is, if each diffraction gratings 43a-43m are followed to zigzag as the 1st diffraction grating is followed at a right end from a left end, next 2nd diffraction-grating 43b is followed at a left end from a right end, periodic structure is arranged so that it may become the array of a chirp grating.

[0086] Next, said mask 41 is made to counter the tangent of said optical fiber spirally twisted around the supporter material 13 with said optical fiber 11 by physical relationship which the longitudinal direction of said diffraction rank 43a meets, as shown in drawing 12 (A). A mask 41 is made to counter with an optical fiber 11 so that the end of \*\* of diffraction-grating 43a may correspond with the location of the beam 35 of exposure light.

[0087] Next, by die-length  $X$  of a diffraction grating 43, the part of the following \*\* of a diffraction grating 43 and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 perform the revolution to which migration of a mask 41 and the axis  $ab$  of the supporter material 13 are made into a center of rotation so that it may pass through the location of a beam 35. These migration and a revolution move to the left from the right of drawing 12 (A) about a mask 41, and make it rotate in the direction shown by the drawing Nakaya mark by making Axis  $ab$  into a center of rotation about the supporter material 13 in the case of this example (RRC).

[0088] a mask -- 41 -- migration -- and -- a supporter -- material -- 13 -- a revolution -- above -- having carried out -- after -- exposure -- a terminal point -- a location --  $P$  (refer to drawing 12 (B)) -- a passage -- said -- an axis --  $ab$  -- vertical -- crossing -- a segment -- a center of rotation -- \*\* -- carrying out -- a supporter -- material -- 13 -- a mask -- 41 -- receiving -- relative --  $180$  -- a degree -- rotating -- making ( drawing 12 (C), drawing 13 (A)) .

[0089] Next, it is the direction (it is made to move to drawing 13 (B)) of  $y$  relatively about a mask 41 and the supporter material 13 so that 2nd diffraction-grating 43b may counter with said exposure termination location  $P$  of an optical fiber 11 in the diffraction grating located next to [ which used for exposure until now ] diffraction-grating 43a, i.e., this case.

[0090] Next, by die-length  $X$  of diffraction-grating 43b, the part of the following \*\* of diffraction-grating 43b and the part of the following \*\* of the optical fiber 11 currently wound around the supporter material 13 perform the revolution which makes migration of a mask 41 and the axis  $ba$  of the supporter material 13 a center of rotation so that it may pass through the location of a beam 35. These migration and a revolution move to the right from the left of drawing 13 (B) about a mask 41, and make it rotate in the direction of the arrow head of drawing 13 (B) by making Axis  $ba$  into a center of rotation about the supporter material 13 in the case of this example.

[0091] The new part of the following \*\* of an optical fiber can be exposed for such actuation with required-number \*\*\*\*\*, using the 1st - the  $m$ -th diffraction grating 43a-43m one after another. For this reason, die length can manufacture the chirp TOFA eve grating of die length longer than this diffraction grating using the diffraction grating of  $X$ .

[0092] In addition, this 3rd manufacture approach can be applied also when manufacturing a single period fiber grating. in that case, the 1st - the  $m$ -th diffraction grating 43 -- each is changed into a single period grating a-43m. That is, the periodic structure  $\lambda_{dan}1 - \lambda_{damn}$  are made into the same structure.

[0093]

[Effect of the Invention] According to the manufacture approach of the fiber grating this invention, the photosensitive optical fiber is spirally twisted around cylinder-like supporter material. And a mask and supporter material are made to counter by physical relationship to which the diffraction grating of the mask for exposure meets the tangent of this beam optical fiber with a volume. And an optical fiber is exposed through a mask, performing migration of said mask and the revolution which makes the axis of said supporter material a center of rotation so that the part of the following \*\* of a diffraction grating and the part of the following \*\* of the optical fiber currently wound around supporter material may pass through the exposure field of exposure light.

[0094] Therefore, die length can expose a  $m$  optical fiber part to juxtaposition using a mask with the diffraction grating of  $L$  with the width of face more than the width of face of a  $m$  optical fiber part. Die length can manufacture [ die length ] the fiber grating of  $mxL$  by the diffraction grating of  $L$  in such a case.

[0095] Moreover, die length can expose an optical fiber in juxtaposition using the mask which has arranged the diffraction grating of  $sxL$  to parallel with spacing equivalent to the  $s$  roll part of an optical fiber. Die length can manufacture the fiber grating it is two or more times [ the ] whose die length of this by the diffraction grating of  $sxL$  in such a case.

[0096] Moreover, die length is exposed by die-length  $X$  using the diffraction grating of  $X$  to the optical fiber spirally wound around supporter material, the relative location of supporter material and a diffraction grating is changed  $180$  degrees after that, and the approach (the 2nd, the 3rd manufacture approach) of exposing a part for die-length  $X$  again can also be taken. Also in such a case, die length can manufacture a fiber grating with die length longer than  $X$  by the

diffraction grating of X.

[0097] Therefore, according to each manufacture approach of this application, a fiber grating longer than the die length of a diffraction grating can be manufactured easily.

[0098] Moreover, according to each manufacture approach of the fiber grating this application, the effectiveness that the optical filter equipped with supporter material and the fiber grating spirally twisted around this supporter material can be manufactured easily is also acquired further.

[0099] Moreover, according to invention of the optical filter of this application, it has supporter material and the fiber grating spirally twisted around this supporter material. Therefore, in order to realize properties, such as a reflected wave length band and the surface smoothness of the top of a reflectance spectrum, even when it constitutes the optical filter using a long fiber grating, it is easy to attain the miniaturization.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view of a photosensitive optical fiber and supporter material.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the spiral slot established in supporter material.

[Drawing 3] They are the mask used with the gestalt of implementation of the 1st manufacture approach, and the explanatory view of a diffraction grating.

[Drawing 4] It is the explanatory view of the physical relationship of a mask and supporter material.

[Drawing 5] It is the explanatory view of the fiber grating manufactured by the manufacture approach of this invention.

[Drawing 6] It is the explanatory view of the 1st modification of the 1st manufacture approach.

[Drawing 7] It is the explanatory view of the 2nd modification of the 1st manufacture approach.

[Drawing 8] They are explanatory views, such as a mask used by the 2nd manufacture approach.

[Drawing 9] It is process drawing of the gestalt of implementation of the 2nd manufacture approach.

[Drawing 10] It is process drawing following drawing 9 of the gestalt of implementation of the 2nd manufacture approach.

[Drawing 11] It is drawing explaining the mask used by the 3rd manufacture approach, and a diffraction grating.

[Drawing 12] It is process drawing of the gestalt of implementation of the 3rd manufacture approach.

[Drawing 13] It is process drawing following drawing 12 of the gestalt of implementation of the 3rd manufacture approach.

[Description of Notations]

11: A photosensitive optical fiber

13: Cylinder-like supporter material

13a: A spiral slot

15: Mask

17: Diffraction grating

17a-17m: The 1st - the m-th diffraction grating

19: The exposure field of exposure light

31: Mask

33: The diffraction grating of die-length X

35: The exposure field of exposure light (beam)

P: Exposure termination location

41: Mask

43a-43m: The 1st - the m-th diffraction grating

171: Mask

171a-171j: Diffraction grating

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-119029

(43)公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51)IntCl<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/00

識別記号

3 0 6

F I

G 0 2 B 6/00

3 0 6

審査請求 未請求 請求項の数22 OL (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-285716

(22)出願日 平成9年(1997)10月17日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 寺尾 芳孝

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

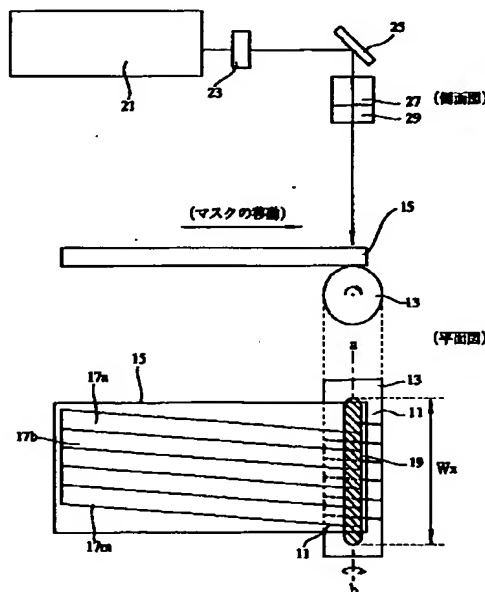
(74)代理人 弁理士 大垣 孝

(54)【発明の名称】 ファイバグレーティングの製造方法、支持部材、マスクおよび光フィルタ

(57)【要約】

【課題】 感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、ファイバグレーティングを製造する。回折格子の長さより長いファイバグレーティングを製造する。

【解決手段】 感光性光ファイバ11を円筒状の支持部材13に螺旋状に巻き付けておく。マスクとして、螺旋状に巻かれた光ファイバのm巻き分の幅以上の幅と、支持部材をその軸線を中心に1回転させた時に進む光ファイバの距離Lの長さを持つ回折格子17を有したマスク15を用意する。光ファイバの接線にマスク15の回折格子17が沿うような位置関係で、マスクと支持部材とを対向させる。距離L分だけ、回折格子の次々の部分と支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域19を通過するように、マスクの移動と、支持部材の、その軸線a bを回転中心とする回転とを行なわせながら、前記露光をする。



19: 露光光の照射領域 21: レーザ光源  
23: アフテネータ 25: ミラー  
27: ビームエキスパンダ 29: シリンドリカルレンズ

マスクと支持部材との位置関係を説明する図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成する、ファイバグレーティングの製造方法において、

感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておき、

該巻き付けた光ファイバの接線に前記マスクの回折格子が沿うような位置関係で、前記マスクと前記支持部材とを対向させ、

前記回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、前記マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行なわせながら、前記露光をすることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記マスクとして、前記螺旋状に巻かれた光ファイバの $m$ 巻き分の幅以上の幅と、前記支持部材をその軸線を中心に1回転させた時に進む光ファイバの距離 $L$ 以上の長さを持つ回折格子を有したマスクを用意し、

前記巻き付けた光ファイバの接線に該マスクの回折格子が沿うような位置関係で、該マスクと前記支持部材とを対向させ、

前記距離 $L$ 分だけ、該回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行なわせながら、前記露光をすることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法（ただし、 $m$ は2以上の整数である。）。

【請求項3】 請求項2に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記回折格子が、前記 $m$ 巻きの各巻きごとの光ファイバ用として用意された互いに平行な第1～第 $m$ の回折格子であって、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した第1～第 $m$ の回折格子からなることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項4】 請求項2に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記回折格子が、前記 $m$ 巻きの各巻きごとの光ファイバ用として用意された互いに平行な第1～第 $m$ の回折格子であって、それぞれが単周期グレーティングを有した第1～第 $m$ の回折格子からなることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項5】 請求項2に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記回折格子が、単周期グレーティングを有した、か

つ、前記 $m$ 巻き分の幅以上の幅を持った、かつ、一体型の回折格子からなることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項6】 請求項1に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記マスクとして、前記螺旋状に巻かれた光ファイバの $s$ 巻き分に相当する間隔をもって平行に配置された長さが $s \times L$ 以上の複数の回折格子を有したマスクを用意し、

10 前記巻き付けた光ファイバの接線に該マスクの回折格子が沿うような位置関係で、該マスクと前記支持部材とを対向させ、

前記 $s \times L$ の距離分だけ、該回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行なわせながら、前記露光をすることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法（ただし、 $L$ は、前記支持部材をその軸線を中心に1回転させた時に進む光ファイバの距離、 $s$ は2以上の整数である。）。

【請求項7】 請求項6に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記複数の回折格子それぞれは、単周期グレーティングを有した回折格子であることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項8】 請求項6に記載のファイバグレーティングの製造方法において、

前記複数の回折格子それぞれは、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した回折格子であることを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項9】 感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成する、ファイバグレーティングの製造方法において、

感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておき、

前記マスクとして、単周期グレーティングを有した長さが $X$ の回折格子を有したマスクを用意し、

前記巻き付けた光ファイバの接線に前記回折格子が沿うような位置関係で、前記マスクを前記光ファイバと対向させ、その後、以下の第1および第2の処理を必要数繰り返すことを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

(a) 前記回折格子の長さ分だけ、該回折格子の次々の部分と、前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行いつつ、然も、前記照射領域の前記軸線

に沿った幅が、前記螺旋に巻いた光ファイバ2巻き分の幅未満となるように露光光を絞った状態で、前記露光をする第1の処理。

(b) 前記第1の処理を終えた後、前記露光終点位置を通り前記軸線に垂直に交わる線分を回転中心として、前記支持部材を前記マスクに対して相対的に180度回転させる第2の処理。

【請求項10】 感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成する、ファイバグレーティングの製造方法において、

感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておき、

前記マスクとして、互いに平行に配置したかつ互いの長さがXである第1～第mの回折格子であって、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した第1～第mの回折格子を有したマスクを用意し、前記巻き付けた光ファイバの接線に前記第1～第mの回折格子のいずれか1つが沿うような位置関係で、前記マスクを前記光ファイバと対向させ、その後、以下の第1～第3の処理を必要数繰返すことを特徴とするファイバグレーティングの製造方法（ただし、第2の処理と第3の処理との順番はいずれが先でも良い。）。

①前記回折格子の長さ分だけ、該回折格子の次々の部分と、前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行いながら、然も、前記照射領域の前記軸線に沿った幅が、前記螺旋に巻いた光ファイバ2巻き分の幅未満となるように露光光を絞った状態で、前記露光をする第1の処理。

②前記第1の処理を終えた後、前記露光終点位置を通り前記軸線に垂直に交わる線分を回転中心として、前記支持部材を前記マスクに対して相対的に180度回転させる第2の処理。

③前記第1の処理を終えた後、今まで露光に用いた回折格子の隣に位置する回折格子が前記露光終了位置と対向するように、前記マスクおよび前記支持部材を相対的に移動させる第3の処理。

【請求項11】 感光性光ファイバを螺旋状に巻き付けるための螺旋状の溝を有した円柱状の支持部材であって、表面に、前記光ファイバを露光する露光光についての実質的な無反射コーティングが施されていることを特徴とする支持部材。

【請求項12】 請求項11に記載の支持部材において、前記溝の深さを前記光ファイバの直径よりも大きくしてあることを特徴とする支持部材。

【請求項13】 感光性光ファイバを、回折格子を有し

たマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成するために用いる当該マスクにおいて、

前記回折格子が、前記光ファイバを円柱状の支持部材に螺旋状に巻き付けた場合の該巻かれた光ファイバのm巻き分の幅以上の幅と、前記支持部材をその軸線を中心に1回転させた時に進む光ファイバの距離L以上の長さを持つ回折格子とされていることを特徴とするマスク。

【請求項14】 請求項13に記載のマスクにおいて、前記回折格子が、前記m巻きの各巻きごとの光ファイバ用として用意された互いに平行な第1～第mの回折格子であって、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した第1～第mの回折格子からなることを特徴とするマスク。

【請求項15】 請求項13に記載のマスクにおいて、前記回折格子が、前記m巻きの各巻きごとの光ファイバ用として用意された互いに平行な第1～第mの回折格子であって、それぞれが単周期グレーティングを有した第1～第mの回折格子からなることを特徴とするマスク。

【請求項16】 請求項13に記載のマスクにおいて、前記回折格子が、単周期グレーティングを有した、かつ、前記m巻き分の幅W以上の幅を持った、かつ、一体型の回折格子からなることを特徴とするマスク。

【請求項17】 感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成するために用いる 当該マスクにおいて、前記回折格子が、前記光ファイバを円柱状の支持部材に螺旋状に巻き付けた場合のs巻き分の間隔をもって平行に配置された長さがs×L以上の複数の回折格子で構成されていることを特徴とするマスク。

【請求項18】 請求項17に記載のマスクにおいて、前記複数の回折格子それぞれが、単周期グレーティングを有した回折格子であることを特徴とするマスク。

【請求項19】 請求項17に記載のマスクにおいて、前記複数の回折格子それぞれが、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した回折格子であることを特徴とするマスク。

【請求項20】 支持部材と、該支持部材に螺旋状に巻き付けられたファイバグレーティングとを具えたことを特徴とする光フィルタ。

【請求項21】 請求項20に記載の光フィルタにおいて、前記支持部材が前記ファイバグレーティングを巻き付けるための螺旋状の溝を有しており、前記ファイバグレーティングが該溝に沿って巻き付けられていることを特徴とする光フィルタ。

【請求項22】 請求項21に記載の光フィルタにおいて、前記溝の深さを前記光ファイバの直径よりも大きくして

10

20

30

40

50

あることを特徴とする光フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光フィルタ等として利用可能なファイバグレーティングの製造方法と、その実施に好適な光ファイバの支持部材および露光用のマスクと、小型化に適した光フィルタとに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信分野では、波長フィルタや分散補償器などの一実現手段として、ファイバグレーティングが期待されている（例えば文献1「応用物理、第66巻第1号、第33～第36頁」）。ファイバグレーティングは、光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を施したものである（例えば文献1）。周期的な屈折率変化（屈折率変調）は、例えば位相マスク法により形成できる（例えば上記の文献1、または、文献2「米国特許5367588号」参照）。

【0003】位相マスク法では、位相マスク（以下、マスクともいう。）を介して、光ファイバに紫外線光を照射する。位相マスクは紫外線光の透過が可能な板状体である。この板状体の表面には複数の凹部が形成されている。各凹部は所定の間隔をもって直線的に配列されている。これら凹部により紫外線光が回折する。その回折光の強度は、凹部の配列間隔（ピッチ）に応じた位置で強められたり弱められたりする。一方、光ファイバのコアは、紫外線光によってその屈折率が変化する材料で形成されている（このような光ファイバを感光性光ファイバと称する。）。上述した回折光が光ファイバに対して照射されるので、光ファイバの延在方向（長手方向、光の導波方向）に沿って、周期的な屈折率変調すなわちグレーティングが、コアに形成される。

【0004】上述のマスクは、例えば文献3「ELECTRONICS LETTERS 18th Mar 1993 Vol 29 No. 6」に開示されている製造方法によって形成される。また、ファイバグレーティングにおける反射波長帯域を広くしたい場合には、上記文献1に開示されているチャープグレーティングの構造にすればよい。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ファイバグレーティングのフィルタ特性、例えば反射波長帯域や反射スペクトルのトップの平坦性などは、ファイバグレーティングのグレーティング書き込み領域の長さすなわちグレーティング長に依存する。

【0006】例えば、ファイバグレーティングで分散補償器を構成する場合、反射波長帯域 $\Delta\lambda$ は次式（1）で表される（例えば文献4「アドバンスト・エレクトロニクス1-16、光ファイバとファイバ形デバイス、培風館、1996、7、10」、第197頁）。

【0007】 $\Delta\lambda = 2L / (C \cdot D) \dots (1)$

但し、記号Lはグレーティング長を表し、記号Cは光の速度を表し、記号Dは分散値を表している。

【0008】上式（1）によれば、分散値Dを一定としたとき、グレーティング長Lが長ければ長いほど、反射波長帯域 $\Delta\lambda$ が広がる。しかし、位相マスクのサイズはそれほど大きくできないのが現状である。なぜなら、例えば、位相マスクを形成するためには、真空装置内での処理を必要とするが、比較的大きな板状体は真空装置内に導入することができない。従って、グレーティング長Lもそれほど大きく形成することができない。従来方法では、せいぜい100mm程度のグレーティング長Lのファイバグレーティングしか形成することができなかった。

【0009】従って、従来よりも長い、具体的には100mmよりも長いグレーティング長のファイバグレーティングを製造できる方法の出現が望まれていた。

【0010】また、長いグレーティングのファイバグレーティングが製造できた後に、該ファイバグレーティングを利用して光フィルタを構成する場合に、小型化に適した構造を有した光フィルタが望まれる。

【0011】

【課題を解決するための手段】

（1）そこで、この発明のファイバグレーティングの製造方法によれば、感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成するファイバグレーティングの製造方法において、感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておく。次に、該巻き付けた光ファイバの接線に前記マスクの回折格子が沿うような位置関係で、前記マスクと前記支持部材とを対向させる。そして、前記回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが、露光光の照射領域を通過するように、前記マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行いながら、前記露光をする。

【0012】この製造方法（以下、第1の製造方法と称する。）によれば、マスクとして、前記螺旋状に巻かれた光ファイバのm巻き分の幅以上の幅と、前記支持部材をその軸線を中心に1回転させた時に進む光ファイバの距離L以上の長さを持つ回折格子を有したマスクを用い、かつ、前記距離L分だけ、前記回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが、露光光の照射領域を通過するように、前記マスクの移動と、前記支持部材の前記回転とを行いながら、前記露光をすることができる。ただし、mは2以上の整数である。

【0013】そのため、m巻き分の光ファイバの各巻きそれぞれに対し回折格子を介しての露光が並列的に行われる。そのため、 $m \times L$ の長さのファイバグレーティングを形成することができる。従って、この製造方法によ

れば長さが $L$ の回折格子を用いてそれより長いファイバグレーティングを製造できる。具体的には、従来技術で形成できる最長の回折格子が例えば100mmであったとする。この第1の製造方法の発明によれば、この100mmの長さの回折格子を $m$ 本分並列に並べた様な回折格子を有したマスクを用いることができる。したがって、長さが100mmの回折格子を用いて $m \times 100$ mmのファイバグレーティングを製造することができる。

【0014】この第1の製造方法において、用いるマスクの回折格子を単周期グレーティングとした場合は、長さが $L$ の回折格子を用いて、 $m \times L$ の長さの単周期ファイバグレーティングを製造できる。

【0015】また、この第1の製造方法において、用いるマスクの回折格子を前記 $m$ 巻きの各巻きごとの光ファイバ用として用意された互いに平行な第1～第 $m$ の回折格子であって、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した第1～第 $m$ の回折格子単周期グレーティングとした場合は、長さが $L$ の回折格子を用いて、長さが $m \times L$ のチャープファイバグレーティングを製造できる。

【0016】なお、上述においては、回折格子の幅を、光ファイバの $m$ 巻き分の幅以上の幅とし、回折格子の長さを前記 $L$ 以上の長さとする説明した。回折格子の長さを上記 $L$ より長くしたとしても、支持部材の回転角とマスクの移動距離とをそれぞれ制御すれば、距離 $L$ 相当の回折格子が実現できるからである。ただし、回折格子としてチャープグレーティングを用いる場合は、回折格子の長さは $L$ とした方が好ましい。第1～第 $m$ の回折格子それぞれのチャープグレーティングの接続が容易になるからである。

【0017】また、この第1の製造方法の実施に当たり、次のようにしても良い。すなわち、露光用マスクとして、前記螺旋状に巻かれた光ファイバの $s$ 巻き分に相当する間隔をもって平行に配置された長さが $s \times L$ 以上の複数の回折格子を有したマスクを用意する。次に、前記巻き付けた光ファイバの接線に該マスクの回折格子が沿うような位置関係で、該マスクと前記支持部材とを対向させる。そして、前記 $s \times L$ の距離分だけ、該回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行なわせながら、露光をする。この場合は、 $s$ 巻き分の光ファイバ単位で、並列的に露光が行われる。そのため、長さが $s \times L$ の回折格子を用いて、その複数の倍のファイバグレーティングを製造できる。

【0018】(2) また、この出願では、ファイバグレーティングの製造方法として、以下の方法(第2の製造方法と称する)も主張する。

【0019】すなわち、感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成するファイバグレーティングの製造方法において、感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておく。また、前記マスクとして、単周期グレーティングを有した長さが $X$ の回折格子を有したマスクを用意する。そして、前記巻き付けた光ファイバの接線の前記回折格子が沿うような位置関係で、前記マスクを前記光ファイバと対向させ、その後、以下の第1および第2の処理を必要数繰り返す方法を主張する。

【0020】(a) 前記回折格子の長さ分だけ、該回折格子の次々の部分と、前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転を行いながら、然も、前記照射領域の前記軸線に沿った幅が、前記螺旋に巻いた光ファイバ2巻き分の幅未満となるように露光光を絞った状態で、前記露光をする第1の処理。

【0021】(b) 前記第1の処理を終えた後、前記露光終点位置を通り前記軸線に垂直に交わる線分を回転中心として、前記支持部材を前記マスクに対して相対的に180度回転させる第2の処理。

【0022】この第2の製造方法によれば、長さが $X$ の回折格子を介しての露光を終えると上述した180度回転が行われる。このため、支持部材に螺旋状に巻かれた光ファイバの、次に現れる部分の露光を、この長さ $X$ の回折格子を介して行うことができる。このため、この第2の製造方法によれば長さが $X$ の回折格子であってもそれより長い単周期ファイバグレーティングを製造できる。

【0023】(3) また、この出願では、ファイバグレーティングの製造方法として、以下の方法(第3の製造方法と称する)も主張する。

【0024】すなわち、感光性光ファイバを、回折格子を有したマスクを介して露光して、該光ファイバに屈折率変調部を形成するファイバグレーティングの製造方法において、感光性光ファイバを円筒状の支持部材に螺旋状に巻き付けておく。また、前記マスクとして、互いに平行に配置したかつ互いの長さが $X$ である第1～第 $m$ の回折格子であって、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有した第1～第 $m$ の回折格子を有したマスクを用意する。そして、前記巻き付けた光ファイバの接線の前記第1～第 $m$ の回折格子のいずれか1つが沿うような位置関係で、前記マスクを前記光ファイバと対向させ、その後、以下の第1～第3の処理を必要数繰り返す方法を主張する。ただし、第2の処理と第3の処理との順番はいずれが先でも良い。

【0025】①前記回折格子の長さ分だけ、該回折格子の次々の部分と、前記支持部材に巻かれている光ファイ

バの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行いながら、然も、前記照射領域の前記軸線に沿った幅が、前記螺旋状に巻いた光ファイバ2巻き分の幅未満となるように露光光を絞った状態で、前記露光をする第1の処理。

【0026】②前記第1の処理を終えた後、前記露光終点位置を通り前記軸線に垂直に交わる線分を回転中心として、前記支持部材を前記マスクに対して相対的に180度回転させる第2の処理。

【0027】③前記第1の処理を終えた後、今まで露光に用いた回折格子の隣に位置する回折格子が前記露光終了位置と対向するように、前記マスクおよび前記支持部材を相対的に移動させる第3の処理。

【0028】この第3の製造方法によれば、長さがXの回折格子を介しての露光を終えると上述した180度回転と、マスクおよび支持部材の相対的な移動とが行われる。このため、支持部材に螺旋状に巻かれた光ファイバの、次に現れる部分の露光を、第1～第mの回折格子を順に使用して行うことができる。第1～第mの回折格子はいずれも長さがXのものでよい。このため、この第3の製造方法によれば、長さがXの回折格子を用いてそれより長いチャープトファイバグレーティングを製造できる。

【0029】(4)また、この出願では、上述の第1～第3の製造方法を容易に実施するための支持部材として以下のような支持部材を主張する。

【0030】すなわち、感光性光ファイバを螺旋状に巻き付けるための螺旋状の溝を有した円柱上の支持部材であって、表面に、前記光ファイバを露光する露光光についての実質的な無反射コーティングが施されている支持部材を主張する。

【0031】上述の第1～第3の製造方法を実施するには、感光性光ファイバを支持部材に螺旋状に所定のリード角で巻き付ける必要がある。このようなとき、この発明の支持部材によれば、上記の巻き付けを容易に実現できる。

【0032】さらにこの支持部材は、所定の無反射コーティングを施してある。そのため、周期的な屈折率変調の形成に寄与しない反射光を実質的に無くすることができる。

【0033】なお、支持部材の発明を実施するに当たり、前記溝の深さを前記感光性光ファイバの直径よりも大きくしておくのが好適である。こうすると、感光性光ファイバとマスクとが接触してしまうのを防ぐことができる。従って、マスクおよび光ファイバの保護が図れる。また、感光性光ファイバが溝からはみ出しにくくなるので、所望の巻き付けをより良好に行える。

【0034】(5)また、この出願では、支持部材と、該支持部材に螺旋状に巻き付けられたファイバグレーテ

イングとを具えた光フィルタを主張する。

【0035】この光フィルタによれば、長いファイバグレーティングをコンパクトに収納できる光フィルタが実現できる。そのため、反射波長帯域や反射スペクトルのトップの平坦性などの特性を実現するために長いファイバグレーティングを用いた光フィルタを構成する場合でも、その小型化が図りやすい。

【0036】用いる支持部材は、好ましくは、細長い形状でかつファイバグレーティングを巻きつけ易い形状のものとする。円柱状の支持部材や多角柱状の支持部材は、用いる支持部材として好ましい。

【0037】また、この光フィルタの発明を実施するに当たり、前記支持部材として、前記ファイバグレーティングを巻き付けるための螺旋状の溝を具えた支持部材を用いるのが好適である。こうすると、該溝に沿って前記ファイバグレーティングを巻き付けることができるので、ファイバグレーティングの位置決めと、固定とを容易に行うことができる等の利点が得られるからである。

【0038】なお、支持部材に設ける螺旋状の溝の深さは、ファイバグレーティングの位置決めおよび固定ができる深さであれば特に限定されない。しかし、この溝の深さを、ファイバグレーティングの直径より深くすると、ファイバグレーティングが支持部材内に隠れた構造の光フィルタが実現できる。ファイバグレーティングが、支持部材内に隠れた構造であると、ファイバグレーティングの保護が図り易い。さらに、例えば、支持部材を内包する筒状のカバーを実装することができるので、光フィルタの外装を容易に完了できるという利点なども得られる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態につき説明する。尚、説明に用いる各図は、この発明が理解できる程度に、構造、大きさおよび配置関係を概略的に示してあるにすぎない。また、以下に記載する数値等の条件や材料は単なる一例に過ぎない。従って、この発明は、この実施の形態に何ら限定されることがない。また、各図において同様な構成成分については、同一の番号を付して示し、その重複する説明を省略する。

【0040】1. 第1の製造方法の説明

ファイバグレーティングの第１の製造方法の実施の形態につき説明する。先ず、感光性光ファイバ１１と、支持部材１３とについて説明する。図１は、円柱状の支持部材１３および、該支持部材１３に感光性光ファイバ１１を巻き付けた状態をそれぞれ説明する図である。

【0041】感光性光ファイバ11として、例えばコーニング社製のSMF28（商品名）と称される感光性光ファイバを用いる。もちろん、他の感光性光ファイバを用いても良い。

【0042】感光性光ファイバ11の被覆層（図示せ



ず)を予め剥がして、クラッド層を露出させる。被覆層の剥離は、たとえば、ファイバストリッパ等の治具を用いるか、または、ファイバ自体をジクロロエタンに浸漬して被覆層を溶解させることで行える。なお、被覆層の剥離は、感光性光ファイバ単体の状態で行っても良いし、支持部材13に 光ファイバ11を巻き付けた後に行っても良い。

【0043】支持部材13は、所定のリード角をもった螺旋状の溝13aを有する。リード角は、螺旋状の溝13aの接線M(図1参照)と、支持部材13の軸線abに垂直な平面とのなす角 $\theta$ である(図1参照)。

【0044】この支持部材13の表面は、ファイバグレーティング製造のための露光光に対して実質的に無反射となるコーティング(図示せず)が施してある。このコーティングは、たとえば、支持部材13の表面に黒色塗料を焼き付け塗装する等の方法で、実現できる。

【0045】螺旋状の溝13aの幅wおよび深さdは(図2参照)、感光性光ファイバ11の位置決めができれば、任意とできる。ただし、溝13aの幅は、好ましくは、おおよそ光ファイバ11の直径(被覆層も含めた直径)とする。また、溝13aの深さは、好ましくは、光ファイバの直径の半分より大きく直径以下の範囲の値とする。例えば、光ファイバ11の直径が $125\mu\text{m}$ であるなら、溝13aの幅を $120\sim 130\mu\text{m}$ とし、溝13aの深さを $60\sim 120\mu\text{m}$ とする。図2(A)は、このような、溝13aと光ファイバ11との関係を示した図である。

【0046】なお、光ファイバ11とマスク(図3参照)とが直接接触する危険を低減したい場合は、溝13aの深さを、光ファイバ11の直径より大きな値にする。図2(B)は、このような、溝13aと光ファイバ11との関係を示した図である。

【0047】このような螺旋状の溝13aに光ファイバ11を入れながら、支持部材13に光ファイバ11を巻き付ける。巻き付けられた光ファイバ11の1巻き分の長さ(図1のP1~P2までの長さ)は、Lになる。すなわち、支持部材13をその軸線abを回転中心として1回転させたときに光ファイバ11が進む距離は、Lになる。

【0048】次に、露光用のマスクについて説明する。図3はこのマスク15の一例を説明する平面図である。

【0049】マスク15を、この場合、露光光に対して透明な基板15aと、この基板に設けた回折格子17とで構成してある。

【0050】基板15aを、例えば合成石英基板などの任意好適な基板で構成してある。

【0051】回折格子17の、支持部材13の軸線ab(図1参照)に沿った幅W0を、支持部材13に螺旋状に巻かれた光ファイバ13のm巻き分の幅以上(この幅と同じでも良い。)としてある。しかも、この回折格子

17の長さを、前記距離L以上の長さ、この実施の形態の場合は前記距離Lと同じ長さLとしてある。

【0052】しかも、この実施の形態の場合の回折格子17は、螺旋状に巻かれた光ファイバ11の各巻きごとの光ファイバ用として用意された、互いに平行な第1~第mの回折格子17a~17mであって、それぞれが長さLの第1~第mの回折格子17a~17mで構成してある。ここで、各巻きとは、支持部材13をその軸線abを回転中心として1回転させた時の1巻き分であり、図1でいえば、P1~P2間に相当する部分である。

【0053】第1~第mの回折格子17a~17mそれぞれは、これら回折格子全体として連続するチャープグレーティングとなるように、個別のチャープグレーディングを有している。具体的には、第1の回折格子17aは、例えば、17a1~17anのn個の部分で構成される。ただし、nは任意の整数である。そして、第1の部分17a1は、長さが $\Lambda 1$ の周期構造をS1回繰り返した構造とされている。また、第2の部分17a2は、長さが $\Lambda 2$ ( $\Lambda 1 < \Lambda 2$ )の周期構造をS2回繰り返した構造とされている。また、第nの部分17anは、長さが $\Lambda n$ ( $\Lambda n - 1 < \Lambda n$ )の周期構造をSn回繰り返した構造とされている。S1~Snは、同じでも異なっても良い。

【0054】上記の周期構造それぞれは、例えば、従来と同様に、凹部と凸部とを長さが1対1の割合となるように連ねた構造としてある。この周期構造は、公知のリソグラフィ技術およびエッチング技術により形成できる。以下、周期構造の長さを順に違えて第2の回折格子17b~第mの回折格子17mをそれぞれ構成してある。

【0055】第1~第mの回折格子17a~17mそれぞれの幅w1~wmは、螺旋状に巻かれた光ファイバの、2巻き分以上とファイバと対向することが無いような狭い幅としてある。

【0056】次に、光ファイバ11が螺旋状に巻かれている支持部材13と、マスク15との配置のさせ方と、これらの移動方法と、露光の手順について説明する。図4はその説明図である。

【0057】支持部材13に螺旋状に巻き付けた光ファイバ11の接線(図1のMと同じ)にマスク15の回折格子17の長手方向が沿うような位置関係で、マスク15と、該支持部材13とを対向させる(図4の平面図参照)。しかも、回折格子17の長手方向の一方の端部分を、支持部材13と対向させる。

【0058】なお、回折格子17の一方の端部分を支持部材に対向させる場合、図4の例では、図3中のマスク15の右端に示したP1およびP2が、図4中の露光領域19の位置になるようにする方法、または、図3中のマスク15を紙面内で180度回転させて図3中のマスク15の左端に示したP3およびP4が図4中の露光領



域19の位置になる方法のいずれとしても良い。どちらの方法をとっても、結果的にはチャートファイバグレーティングが得られる。

【0059】次に、回折格子17の長手方向の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが、露光光の照射領域19を通過するように、マスク15の移動と、支持部材13の、その軸線a-bを回転中心とする回転を行う。しかも、これら移動および回転は、上述した距離L分だけ、回折格子17の長手方向の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが、照射領域19を通過するように行う。そして、このような移動および回転をさせながら、マスク15を介して光ファイバ11を露光する。

【0060】回折格子17の長手方向の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが照射領域19を通過するようにするには、図4の平面図の初期状態からの場合、マスク15を図中右方向に平行移動し、かつ、支持部材13をその軸線a-bを回転中心として図の矢印方向に回転(右回転)させれば良い。ただし、マスク15を移動させることで回折格子17が進む距離と、支持部材13を回転させることで光ファイバ11が進む距離とが同じになるように、マスク移動装置(図示せず)と、支持部材回転装置(図示せず)とを、同期させる。

【0061】なお、露光光の照射領域19の、支持部材13の軸線a-bに沿う方向の幅Wxは、光ファイバm巻き分の幅以上の幅としておく。

【0062】上記の露光をするための光学系は、任意好適な光学系とできる。この実施の形態では、レーザ光源21と、アッテネータ23と、ミラー25と、ビームエキスパンダ27と、シリンドリカルレンズ29とで、構成してある。

【0063】レーザ光源21として、ラムダフィジックス社製のKrFエキシマレーザを用いる。レーザ光源21から出たレーザ光は、ビームエキスパンダ27によりビーム径が広げられる。さらに、シリンドリカルレンズによって、上述した所望の照射領域19を示す光になる。

【0064】マスク15の移動と、光ファイバ11が巻かれている支持部材13の回転とを上記のごとく行くと、螺旋状に巻かれた光ファイバの各巻き部分は、第1～第mの回折格子17a～17mのうちの対応する回折格子を介して、レーザ光によって並列的に露光される。そのため、第1～第mの回折格子で構成される回折網が、光ファイバ11に一度に照射されるので、光ファイバ11上に $\Lambda 1 \sim \Lambda m n$ までのチャープグレーティングが形成される。したがって、長さがLの回折格子を用いているにもかかわらず、長さが $m \times L$ のチャートファイバグレーティングを製造することができる。図5は、

このように製造されたチャートファイバグレーティング30を模式的に示した図である。

【0065】なお、支持部材13の表面には上述したように無反射コーティングを施してあるので、上記の露光工程において露光光が支持部材13で反射される程度を低減できる。そのため、支持部材13の表面で反射された光によって光ファイバ上に無益な屈折率変化が生じるのを、防止できる。

【0066】また、この発明の製造方法では、支持部材に光ファイバを巻き付けた状態で作業を行えるので、ファイバグレーティングの製造工程から、目的の素子例えば波長フィルタを得る工程までのハンドリングが容易となるという効果も得られる。また、支持部材と光ファイバとを一体とした状態で、パッケージングすることも可能という効果も得られる。

【0067】なお、上述においては、チャートファイバグレーティングを製造する例を説明したが、単周期ファイバグレーティングを製造する場合にも、上述の製造方法はもちろん適用できる。その場合は、図3を用いて説明したマスクの第1～第mの回折格子17a～17mそれぞれを、単周期グレーティングに変更すれば良い。具体的には、周期構造 $\Lambda 1 \sim \Lambda m n$ を同じ構造にすれば良い。

【0068】また、単周期ファイバグレーティングを製造する場合は、回折格子17を、第1～第mの回折格子17a～17mに分けずに、図6に示したように、m巻き分の幅以上の幅を持った、かつ、一体型の回折格子を用いる場合があっても良い。こうすると、第1～第mの回折格子に分ける場合に比べて、マスクの構造を簡単にできると考えられる。

【0069】また、上述においては、支持部材に螺旋状に巻かれた光ファイバの一巻きごとに第1～第mの回折格子のいずれか1つを対向させる例を説明した。しかし、図7に示したように、支持部材13に螺旋状に巻かれた光ファイバ11のs巻き分に相当する間隔をもって平行に配置された長さが $s \times L$ 以上の複数の回折格子171a～171jを有したマスク171を用意する。次に、巻き付けた光ファイバ11の接線に該マスク171の回折格子が沿うような位置関係で、該マスク171と支持部材13とを対向させる。そして、前記 $s \times L$ の距離分だけ、該回折格子の次々の部分と前記支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、該マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行なわせながら、露光をしても良い。支持部材13の回転とマスク171の移動とは、図4を用いて説明したと同様な手順で行えば良い。

【0070】こうした場合も、螺旋状に巻かれた光ファイバの複数巻き部分に対して並列的な露光ができるので、回折格子の長さより長いファイバグレーティングを

製造できる。

#### 【0071】2. 第2の製造方法の説明

上述においては、回折格子の長さが螺旋状に巻いた光ファイバ1巻き分の長さと同じか(図3)、それより長い例(図7)での、製造方法を説明した。しかし、光ファイバを損傷することなく曲げることができる曲げ可能半径が小さい場合は、円柱状の支持部材13として、直径の大きなものを用いる必要が生じる。すると、回折格子の長さが螺旋状に巻いた光ファイバ1巻き分の長さより短くなる場合もある。そのような場合は、上述の第1の製造方法では、所望のファイバグレーティングを製造できない。この第2の製造方法は、その対策を施したファイバグレーティングの製造方法である。

【0072】図8は、第2の製造方法で用いるマスク31と、感光性光ファイバ11等の構造とを説明する図である。また、図9、図10は、製造工程図である。

【0073】感光性光ファイバ11を円筒状の支持部材13に螺旋状に巻き付けておく。ただし、光ファイバ11の被覆層(図示せず)は剥がして、クラッド層を露出させておく。また、マスク31として、単周期グレーティングを有した長さがXの回折格子33を有したマスク31を用意する。

【0074】次に、図9(A)に示したように、支持部材13に螺旋状に巻き付けた前記光ファイバの接線に、前記回折格子33の長手方向が沿うような位置関係で、前記マスク31を前記光ファイバ11と対向させる。然も、回折格子33の一端が露光光の照射領域(ビーム35)の位置に一致するようにマスク31を光ファイバ11と対向させる。

【0075】ただし、露光光を照射する領域(照射領域)の前記軸線に沿った幅が、螺旋に巻いた光ファイバ2巻き分の幅未満となるようにする。すなわち、露光光のビーム35の径を、例えば光ファイバ11の直径よりやや大きい程度にしておく。このようなビームを得るには、例えば、図4を用いて説明した光学系から、ビームエキスパンダ27を除去した光学系を用いれば良い。

【0076】次に、回折格子33の長さX分だけ、回折格子33の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが、照射領域(ビーム35が当たる領域)を通過するように、マスク31の移動と、支持部材13の軸線abを回転中心とする回転とを行う。これら移動および回転は、この例の場合は、マスク31については図9(A)の右から左へ移動し、支持部材13については、軸線abを回転中心として図9(A)に矢印を付した方向に回転(右回転)させる。

【0077】マスク31の移動および支持部材13の回転を上記のように行った後、露光終点位置P(図9(B)参照)を通り前記軸線abに垂直に交わる線分を回転中心として、支持部材13をマスク31に対して相対的に180度回転させる(図10(A))。

【0078】次に、回折格子33の長さX分だけ、回折格子33の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の新たな部分とが次々に対向するように、マスク31の移動および支持部材13の軸線abを回転中心とする回転を行う(図10(B))。これら移動および回転は、この例の場合は、マスク31については図10(B)の左から右へ移動し、支持部材13については、軸線baを回転中心として図中の矢印の方向に回転(左回転)させる。

【0079】このような操作を必要数繰り返すと、長さがXの回折格子1つを用いて光ファイバの次々の部分を露光できる。そのため、この回折格子より長い長さの単周期ファイバグレーティングを製造できる。

#### 【0080】3. 第3の製造方法の説明

次に、第3の製造方法の実施の形態について説明する。この第3の製造方法はチャープトファイバグレーティングの製造に特に好適な方法である。図11～図13はその説明図である。図11は主にマスク41と回折格子43とを説明する平面図、図12および図13はファイバグレーティングの製造工程図である。

【0081】支持部材13に光ファイバ11を、今までの実施の形態と同様に螺旋状に巻き付けておく。

【0082】また、マスク41として、図11に示した様に、互いに平行に配置した第1～第mの回折格子43a～43mを有したマスクを用意する。第1～第mの回折格子43a～43mそれぞれは、長さがXで、かつ、幅が螺旋状に巻かれた光ファイバの2巻き分の幅未満としてある。然も、これら回折格子43a～43m全体として連続するチャープグレーティングとなるようにそれぞれが個別のチャープグレーティングを有している。

【0083】第1～第mの回折格子43a～43mは、基本的には、第1の製造方法の実施の形態で説明した回折格子17a～17mと同様で良い。ただし、周期構造の並び具合を、第1の発明の場合に比べて違えてある。

【0084】具体的には、第1の回折格子43aは、例えば、43a1～43anのn個の部分で構成される。ただし、nは任意の整数である。そして、第1の部分43a1は、長さが $\Lambda_1$ の周期構造をS1回繰り返した構造とされている。第2の部分43a2は、長さが $\Lambda_2$ ( $\Lambda_1 < \Lambda_2$ )の周期構造をS2回繰り返した構造とされている。第nの部分43anは、長さが $\Lambda_n$ ( $\Lambda_{n-1} < \Lambda_n$ )の周期構造をSn回繰り返した構造とされている。S1～Snは、同じでも異なっても良い。

【0085】また、第2の回折格子43bは、例えば、43b1～43bnのn個の部分で構成される。ただし、nは任意の整数である。そして、第nの部分43bnは、長さが $\Lambda_{n+1}$ の周期構造をSn+1回繰り返した構造とされている。第n-1の部分43bn-1は、長さが $\Lambda_{n+2}$ の周期構造をSn+2回繰り返した構造とされている。第1の部分43b1は、長さが $\Lambda_{2n}$ の

周期構造を繰り返した構造としてある。すなわち、第1の回折格子を左端から右端にたどり、次に、第2の回折格子43bを右端から左端にたどるといように、ジグザグに各回折格子43a～を43mをたどると、チャープグレーティングの配列になるように、周期構造を配置してある。

【0086】次に、図12(A)に示したように、支持部材13に螺旋状に巻き付けた前記光ファイバの接線に、前記回折格子43aの長手方向が沿うような位置関係で、前記マスク41を前記光ファイバ11と対向させ

る。然も、回折格子43aの一端が露光光のビーム35の位置に一致するようにマスク41を光ファイバ11と対向させる。

【0087】次に、回折格子43の長さX分だけ、回折格子43の次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが、ビーム35の位置を通過するように、マスク41の移動と、支持部材13の軸線abを回転中心とする回転を行う。これら移動および回転は、この例の場合は、マスク41については図12(A)の右から左へ移動し、支持部材13につい

ては、軸線abを回転中心として図中矢印で示す方向に回転(右回転)させる。

【0088】マスク41の移動および支持部材13の回転を上記のように行った後、露光終点位置P(図12(B)参照)を通り前記軸線abに垂直に交わる線分を回転中心として、支持部材13をマスク41に対して相対的に180度回転させる(図12(C)、図13(A))。

【0089】次に、今まで露光に用いた回折格子43aの隣に位置する回折格子、すなわちこの場合は第2の回折格子43bが、光ファイバ11の前記露光終了位置Pと対向するように、マスク41および支持部材13を相対的に、y方向(図13(B))に移動させる。

【0090】次に、回折格子43bの長さX分だけ、回折格子43bの次々の部分と、支持部材13に巻かれている光ファイバ11の次々の部分とが、ビーム35の位置を通過するように、マスク41の移動および支持部材13の軸線baを回転中心とする回転を行う。これら移動および回転は、この例の場合は、マスク41については図13(B)の左から右へ移動し、支持部材13については、軸線baを回転中心として図13(B)の矢印の方向に回転させる。

【0091】このような操作を必要数繰り返すと、第1～第mの回折格子43a～43mを次々を用いて光ファイバの次々の新たな部分を露光できる。このため、長さXの回折格子を用いてこの回折格子より長い長さのチャープトファイバグレーティングを製造できる。

【0092】なお、この第3の製造方法は、単周期ファイバグレーティングを製造する場合にも適用できる。その場合は、第1～第mの回折格子43a～43mそれぞ

れを、単周期グレーティングに変更する。すなわち、周期構造 $\Lambda 1 \sim \Lambda mn$ を同じ構造にする。

【0093】

【発明の効果】この発明のファイバグレーティングの製造方法によれば、円筒状の支持部材に感光性光ファイバを螺旋状に巻き付けておく。そして、該巻き付けた光ファイバの接線に露光用マスクの回折格子が沿うような位置関係で、マスクと支持部材とを対向させる。そして、回折格子の次々の部分と支持部材に巻かれている光ファイバの次々の部分とが露光光の照射領域を通過するように、前記マスクの移動と、前記支持部材の、その軸線を回転中心とする回転とを行いながら、光ファイバをマスクを介して露光する。

【0094】そのため、光ファイバm巻き分の幅以上の幅を持ち長さがLの回折格子を有したマスクを用いて光ファイバm巻き分を並列に露光することができる。こうした場合、長さがLの回折格子で長さが $m \times L$ のファイバグレーティングを製造できる。

【0095】また、光ファイバのs巻き分に相当する間隔をもって長さが $s \times L$ の回折格子を平行に配置したマスクを用いて光ファイバを並列的に露光することができる。こうした場合、長さが $s \times L$ の回折格子で長さがその複数倍のファイバグレーティングを製造できる。

【0096】また、支持部材に螺旋状に巻かれた光ファイバに対し長さがXの回折格子を用いて長さX分だけ露光をし、その後、支持部材と回折格子との相対的な位置を180度変更して、再び長さX分の露光をする方法(第2、第3の製造方法)もとれる。こうした場合も、長さがXの回折格子で長さがXより長いファイバグレーティングを製造できる。

【0097】したがって、この出願の各製造方法によれば、回折格子の長さより長いファイバグレーティングを容易に製造できる。

【0098】また、この出願のファイバグレーティングの各製造方法によれば、支持部材と、該支持部材に螺旋状に巻き付けられたファイバグレーティングとを具えた光フィルタを容易に製造できるという効果もさらに得られる。

【0099】また、この出願の光フィルタの発明によれば、支持部材と、該支持部材に螺旋状に巻き付けられたファイバグレーティングとを具える。そのため、反射波長帯域や反射スペクトルのトップの平坦性などの特性を実現するために長いファイバグレーティングを用いた光フィルタを構成する場合でも、その小型化が図りやすい。

【図面の簡単な説明】

【図1】感光性光ファイバと支持部材との説明図である。

【図2】支持部材に設けた螺旋状の溝の説明図である。

【図3】第1の製造方法の実施の形態で用いたマスクお

19

20

よび回折格子の説明図である。

【図4】マスクと支持部材との位置関係の説明図である。

【図5】この発明の製造方法で製造されるファイバグレーティングの説明図である。

【図6】第1の製造方法の第1の変形例の説明図である。

【図7】第1の製造方法の第2の変形例の説明図である。

【図8】第2の製造方法で用いるマスク等の説明図である。

【図9】第2の製造方法の実施の形態の工程図である。

【図10】第2の製造方法の実施の形態の図9に続く工程図である。

【図11】第3の製造方法で用いるマスクと回折格子とを説明する図である。

【図12】第3の製造方法の実施の形態の工程図である。

【図13】第3の製造方法の実施の形態の図12に続く工程図である。

【符号の説明】

11：感光性光ファイバ

13：円柱状の支持部材

13a：螺旋状の溝

15：マスク

17：回折格子

17a～17m：第1～第mの回折格子

19：露光光の照射領域

31：マスク

33：長さXの回折格子

35：露光光の照射領域（ビーム）

P：露光終了位置

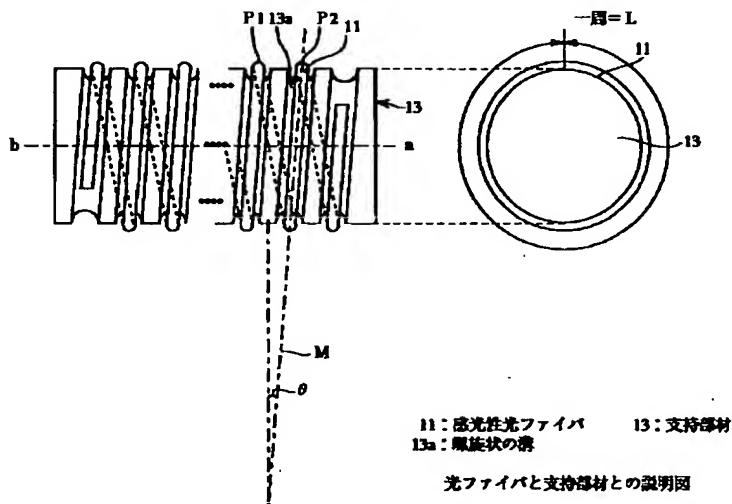
41：マスク

43a～43m：第1～第mの回折格子

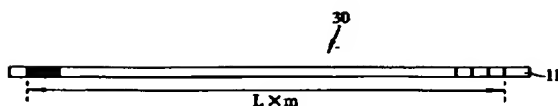
171：マスク

171a～171j：回折格子

【図1】



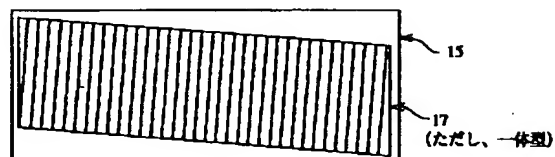
【図5】



30：テーパートファイバグレーティング

製造されたファイバグレーティングの説明図

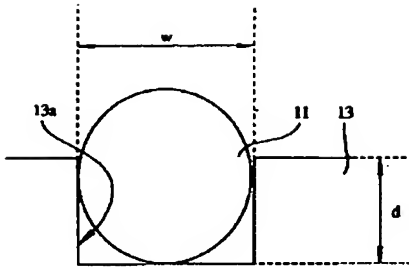
【図6】



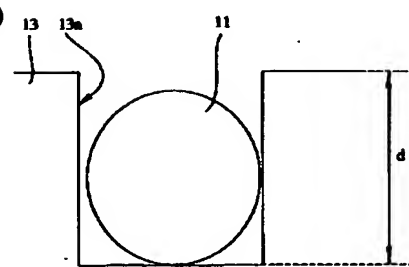
第1の製造方法の第1の変形例を説明する図

【図2】

(A)



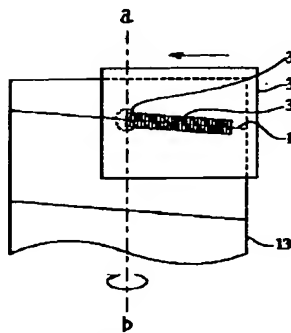
(B)



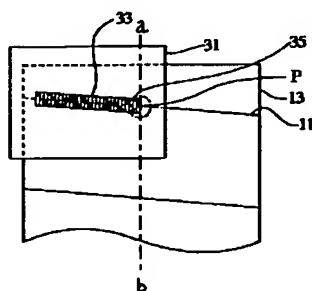
螺旋状の溝の説明図

【図9】

(A)



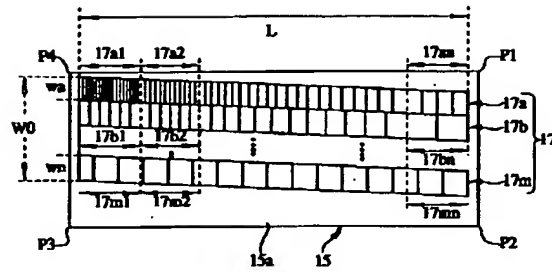
(B)



35: ビーム

第2の製造方法の実施の形態の工程図(その1)

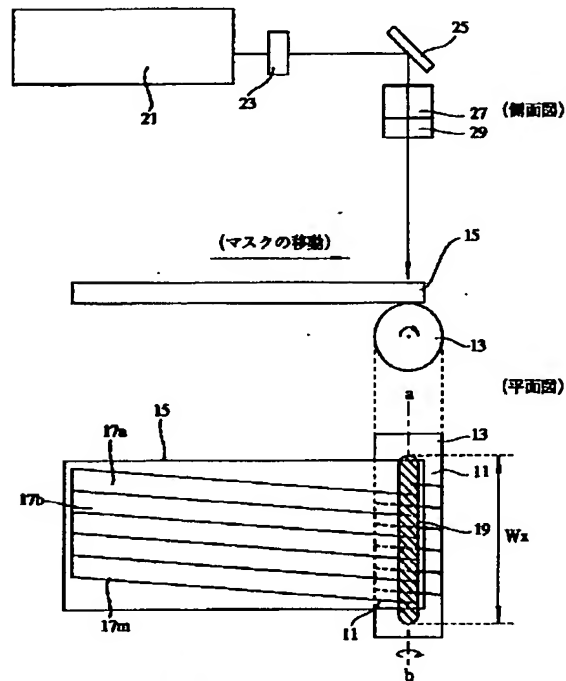
【図3】



15 : マスク  
17 : 回折格子  
17a : 第1の回折格子  
17b : 第2の回折格子  
15a : 基板  
17a : 第1の回折格子  
17b : 第2の回折格子

マスク及び回折格子の説明図

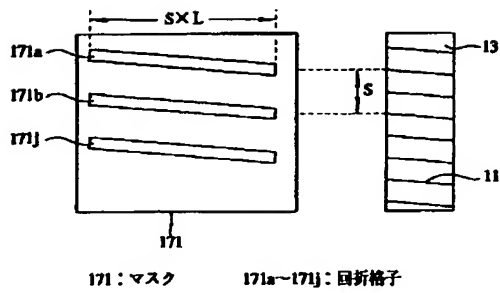
【図4】



19 : 露光光の照射領域  
21 : レーザ光源  
23 : アフテネータ  
25 : ミラー  
27 : ビームエキスパンダ  
29 : シリンドリカルレンズ

マスクと支持部材との位置関係を説明する図

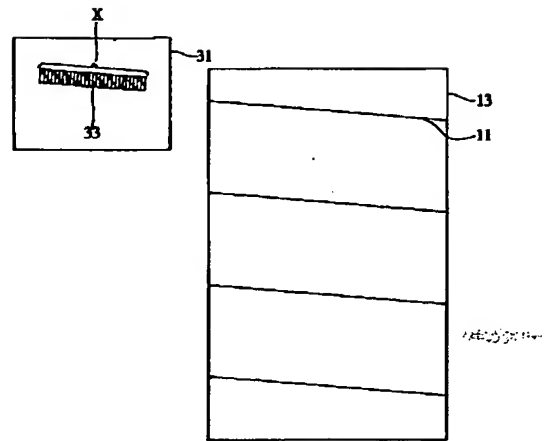
【図7】



171: マスク      171a~171j: 回折格子

第1の製造方法の第2の変形例の説明図

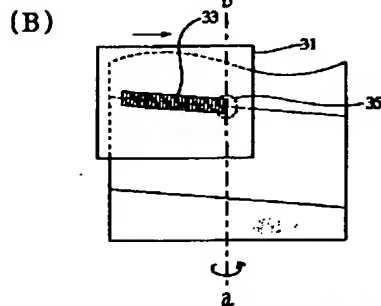
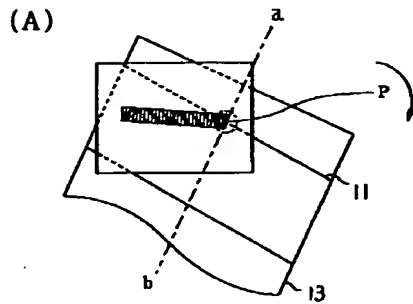
【図8】



31: マスク      33: 長さXの回折格子

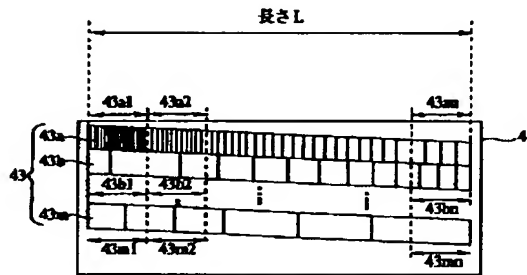
第2の製造方法でのマスク等の説明図

【図10】



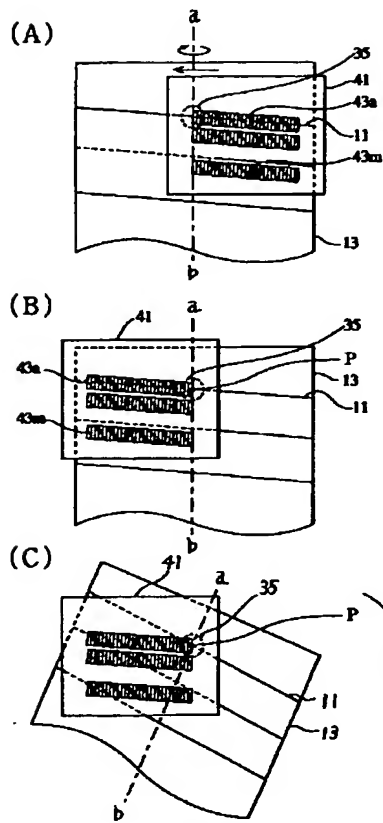
第2の製造方法の実施の形態の工程図(その2)

【図11】



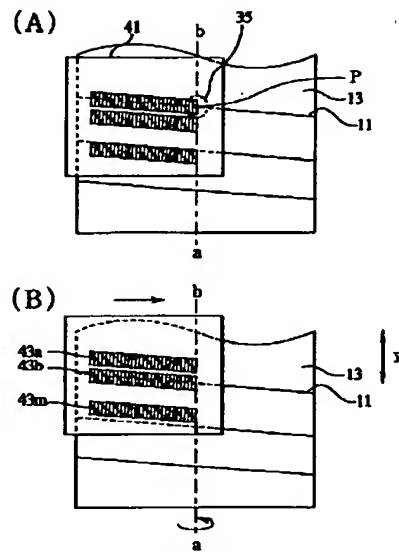
第3の製造方法の実施の形態の説明図

【図12】



第3の製造方法の実施の形態の工程図 (その1)

【図13】



第3の製造方法の実施の形態の工程図 (その2)